









**UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI NAPOLI  
“FEDERICO II”**



**DOTTORATO IN SCIENZE VETERINARIE  
XXIX CICLO**

**TESI**

**“Esame TC in corso di Displasia del gomito  
del cane”**

**Candidato**  
Dr.ssa Carla Murino

**Tutor**  
Prof Leonardo Meomartino

DOTTORATO IN SCIENZE VETERINARIE - Segreteria *Dott.ssa Maria Teresa Cagiano*  
Coordinamento - *Prof. Giuseppe Cringoli*



<b>Lista delle abbreviazioni</b>	7
<b>Lista delle figure</b>	9
<b>Lista delle tabelle</b>	13
<b>Abstract</b>	17
 <b>Introduzione</b>	 25
Bibliografia	28
 <b>Capitolo 1</b>	 
1.1 Anatomia del gomito	35
1.2 Displasia del gomito	45
1.2.1 Mancata unione del processo anconeale	49
1.2.2 Frammentazione del processo coronoideo mediale	52
1.2.3 Osteocondrosi del condilo omerale	56
1.2.4 Incongruenza del gomito	59
1.3 Diagnostica per Immagini del gomito	61
1.3.1 Scintigrafia	62
1.3.2 Esame Ecografico	65
1.3.3 Risonanza Magnetica	70
1.3.4 Esame Radiografico	73
1.3.5 Tomografia Computerizzata	78
1.4 Anatomia TC del gomito	80
1.5 Bibliografia	92
 <b>Capitolo 2</b>	 
2.1 Materiali e Metodi	110
2.2 Progettazione e sviluppo posizionatore	116
2.3 Risultati	120
2.4 Discussione	130
2.5 Conclusione	138
2.6 Bibliografia	141



TC	Tomografia computerizzata
UAP	Mancata unione del processo anconeo dell'ulna
FMCP	Frammentazione del processo coronoideo mediale dell'ulna
MCP	Processo coronoideo mediale
OC	Osteocondrosi
OCD	Osteocondrosi dissecante
IA	Incongruenza articolare
KL	Kissing lesion
FOV	Field of view
ROI	Region of interest
WW	Window width
WL	Window level
HU	Hounsfield unit
MPR	Ricostruzioni planari



- 1 Articolazione del gomito, veduta craniale
- 2 Radio e Ulna, epifisi prossimali, veduta craniale e caudale
- 3 Radio e Ulna prossimali, veduta delle interfacce articolari
- 4 Articolazione del gomito sn del cane con rappresentazione capsula sinoviale e legamenti (veduta laterale)
- 5 Articolazione del gomito sn del cane con rappresentazione capsula sinoviale e legamenti (veduta craniale)
- 6 Articolazione del gomito sn del cane con rappresentazione capsula sinoviale e legamenti (veduta mediale)
- 7 Rappresentazione schematica dell'articolazione del gomito con evidenziato il processo anconeale dell'ulna
- 8 Esame radiografico gomito dx in proiezione ML flessa di un Pastore Tedesco di 5 mesi con mancata unione del processo anconeale dell'ulna; con controlli a 6 mesi e 7 mesi
- 9 Rappresentazione schematica dell'articolazione del gomito con evidenziato il processo coronoideo mediale dell'ulna
- 10 Cane Labrador affetto da FMCP: si noti la lieve sottrazione al carico dell'arto anteriore sn associata alla extrarotazione della mano
- 11 Rappresentazione schematica dell'articolazione del gomito con evidenziata la localizzazione tipica dell'osteocondrosi e/o dell'osteocondrite dissecante a livello della porzione mediale del condilo omerale
- 12 Rappresentazione schematica delle diverse manifestazioni dell'incongruenza del gomito: a) da radio corto; b) da ovalizzazione dell'incisura semilunare dell'ulna; c) da ulna corta
- 13 Scintigrafia ossea dei gomiti di un cane displasia del gomito sn, che mostra un'aumentata captazione del radiofarmaco a livello dell'articolazione del gomito sn
- 14 Scansione ecografica che mostra i margini irregolari della componente mediale dell'articolazione compatibili con osteofiti
- 15 Scansione longitudinale del processo coronoideo mediale dell'ulna in un gomito normale (freccia)
- 16 Processo coronoideo mediale frammentato (frecce)
- 17 Immagine ecografica del processo anconeale in scansione longitudinale, dove è possibile osservare anche una lieve ectasia della capsula (asterisco)



- 18 RM del gomito di un cane, scansione trasversale pesata in T1: R, radio; C, processo coronoideo mediale
- 19 Esame radiografico del gomito: 1) proiezione ML neutra; 2) proiezione ML in flessione; 3) proiezione cranio-caudale; 4) proiezione obliqua 15° cranio-laterale caudo-mediale
- 20 TC del gomito dx di un meticcio taglia media 1
- 21 TC del gomito dx di un meticcio taglia media 2
- 22 TC del gomito dx di un meticcio taglia media 3
- 23 TC del gomito dx di un meticcio taglia media 4
- 24 TC del gomito dx di un meticcio taglia media 5
- 25 TC del gomito dx di un meticcio taglia media 6
- 26 TC del gomito dx di un meticcio taglia media 7
- 27 TC del gomito dx di un meticcio taglia media 8
- 28 TC del gomito dx di un meticcio taglia media 9
- 29 Ricostruzioni multiplanari (MPR) 1
- 30 Ricostruzioni multiplanari (MPR) 2
- 31 Posizionamento decubito laterale con supporto ancillare "home made": sequenza foto fasi posizionamento
- 32 Scansione assiale TC gomito con misurazione del rumore a livello del processo coronoideo mediale dell'ulna: a) esame TC con nostro protocollo; b) protocollo descritto in letteratura
- 33 "a" posizionamento TC gomiti con soggetto in decubito sternale con collo flesso lateralmente e rispettivo scout "b"; "c" con soggetto in decubito laterale come prevede il nostro protocollo e rispettivo scout "d"
- 34 Scansione studio gomiti con nostro posizionamento 1) Scout gomiti; 2) scansione assiale dei gomiti a livello del processo coronoideo mediale
- 35 Scansione 3D del prototipo del posizionatore eseguita con scanner Eiscan Pro ed elaborata con software 3d buldier Microsoft
- 36 Esame TC gomito con incongruenza da radio corto; ricostruzione sagittale (1), dorsale (2) e ricostruzione 3D (3); in evidenza lo scalino tra radio e ulna (freccia)
- 37 Quattro esempio di frammentazione del processo coronoideo mediale (punte di freccia) con differente gravità. In tutte le immagini, il processo coronoideo mediale appare sclerotico

- (asterischi). Inoltre in D sono visibili, alcuni osteofiti periarticolari (freccia bianca) e cisti subcondrali (freccia nera)
- 38 Kissing lesione del condilo omerale (punte di freccia) secondaria a FMCP (freccie): A) ricostruzione dorsale, B) parasagittale. Le lesioni appaiono come un difetto ipodenso profonda sulla superficie articolare del condilo e sono circondatei da sclerosi dell'osso subcondrale (asterischi)
- 39 Esame TC gomito con frammentazione del processo coronoideo mediale; scansione assiale (1), ricostruzione sagittale (2) e ricostruzione 3D (3); freccia frammento processo coronoideo mediale
- 40 Ricostruzione sagittale TC gomito (1) e ricostruzione 3D (2) con mancata unione del processo anconeo dell'ulna (asterisco) associato ad incongruenza articolare da ulna corta (punta di freccia)
- 41 Esame TC gomito in corso di OCD; scansione assiale (1), ricostruzione dorsale (2) e ricostruzione 3D (3), con la freccia si evidenzia il difetto subcondrale a livello del condilo omerale mediale



- 1 Presenza degli osteofiti su radio, ulna e omero e relative dimensioni
- 2 Presenza della sclerosi su radio, ulna e omero
- 3 Misurazione del rumore in 4 gomiti studiati con entrambe le procedure a livello delle tre aree (scan1, scan2, scan3) considerate



**Key words:** CT, canine elbow dysplasia, dog

**Introduction:** Canine Elbow dysplasia (CED) is one of the most common cause of arthropathy in large and giant size dogs. At least 4 forms of CED are described: Ununited Anconeal Process (UAP); Osteocondritis dissecans (OCD) of the humeral condyle; fragmented medial coronoid process (FMCP); elbow incongruity (EI) for short radius, short ulna or underdeveloped ulnar troclear notch. CED is often assessed using computed tomography (CT), particularly in case of inconsistent or not definitive radiographical diagnosis. However, until now there is not any standardized protocol for the elbow CT. A number of procedures have been proposed, but they all require a great stressful positioning of the cervical spine since the head is pulled laterally or caudally, in order to avoid beam-hardening and streak artifacts.

The aim of this study was to describe CT findings in dogs with CED and to propose a new, non-stressful procedure for CT of the canine elbow using a lateral recumbent position and a specifically designed positioning device.

**Material and Methods:** The study was performed at the Interdepartmental Radiology Veterinary Centre of the University Federico II of Naples and it was developed in two steps: first, a retrospective analysis of CT exams of the elbow performed on dogs affected by suspect CED, from January 2005 to December 2011; and second, a prospective analysis of CT exams performed with the new proposed procedure, from

January 2012 to December 2016.

All of the CT exams were performed on dogs under general anesthesia. In all subjects, both elbows were studied at the same time.

In the new procedure, the dogs were placed on the CT bed ever in the lateral recumbent position with the forelimbs cranially pulled and, in order to obtain the best elbow alignment and to remove the air gap between the neck and the forelimbs, a purpose-handmade positioning device, shaped from polyurethane foam, was used.

For comparative purposes, in two dogs, the elbow CT was also performed using a previously described procedure, i.e. in sternal recumbent position with the forelimbs parallel one to each other and cranially extended and the head and neck laterally and caudally pulled.

All of the CT exams were obtained using 1 mm thick contiguous axial slices at 120 kV and 200–260 mAs, together with a bone convolution filter, and evaluated on a workstation equipped with a DICOM software, using a bone window [window level (WL) 500, window width (WW) 3000]. In order to improve the evaluation, multiplanar reconstruction (MPR) and three dimensional volume rendering (3D-VR) images were obtained too.

For each joint, the presence or absence of a primary lesion (FCP, OCD, UAP, EI), possibly associated to a “Kissing

Lesions” (KL), was assessed. Furthermore, each joint was analytically assessed for the visualization of relevant anatomical landmarks such as the medial coronoid process, humero-radio-ulnar joint space, anconeal process, humeral condyle, subchondral bone, proximal radial and ulnar relationship. In addition, the presence of sclerosis, periarticular osteophytes, subchondral cyst-like lesions, deformed, fissured or fragmented medial coronoid process, incongruence from short radius, short ulna or underdeveloped ulnar troclear notch were evaluated too.

CT quality was assessed measuring the image noise represented by the standard deviation of Hounsfield unit (HU) in a region of interest (ROI) manually traced around the bones of the elbows at three homologous level. Data obtained were compared using the Wilcoxon rank test for paired data, with a significance level of  $p < 0.05$ .

**Results:** 61 dogs, 45 males and 16 females, mean age of 11.7 months, for a total of 122 elbows were collected. Breed distribution was: Labrador retriever (24), German shepherd (11), rottweiler (5), golden retriever (4), dogue de Bordeaux (3), Bernese mountain dog (2), chow chow (2), mix breed (2), Alaskan Malamute (1), American Staffordshire (1), Belgian Shepherd (1), border collie (1), Bloodhound (1), cane corso (1), pitbull Terrier (1), and terranova (1).

In three dogs, elbows were bilaterally normal. Fifty-eight dogs were affected by dysplasia (43 dogs bilaterally and 15 monolaterally affected). There were 88 EI, 70 FMCP, 10 OCD



and 3 UAP. All of the images obtained using the new procedure were of diagnostic use.

There were not any significant differences in CT quality between the new procedure and the previously described one. The purpose-handmade device demonstrated to help the positioning and to avoid the appearance of streaks or beam hardening artifacts.

**Discussion and Conclusion:** Labrador retriever and German shepherd dogs confirmed to be particularly prone to CED. There was a high prevalence of male dogs, as reported in other studies. Our results confirmed the high sensitivity and accuracy of CT in diagnosing CED, particularly in case of EI and FMCP. The EI represents the most prevalent lesion found in our sample. Actually, this finding has to be related to the higher sensitivity of the CT examination in diagnosing EI even when small gaps of incongruence ( $<2\text{mm}$ ) are present. The FMCP represents the second most frequent lesion in our sample. This particular distribution can be referred both to the higher prevalence of this lesion among those responsible of CED or to the fact that, usually, CT is performed when radiographs were questionable for the presence of FMCP. This explanation can justify also the small number of OCD and UAP in our sample as well as in others, since those two lesions are easily diagnosed with radiography.

In spite of the high sensitivity and specificity of elbow CT, to date there is not any standardized protocol, universally

accepted. A number of procedures have been described, all of which designed to avoid streak and beam-hardening artifacts by entering only the elbows in the gantry but, in order to obtain this, the neck is subject to a stressful positioning. Considering that most of the canine breeds predisposed to develop CED are, at the same time, at high risk for caudal cervical spondylopathy (Wobbler syndrome), in our opinion, all the positionings used in the previously described methods are potentially dangerous. Our experience shows that the lateral recumbency with both forelimbs pulled cranially, obtained with the help of the positioning device, represents a simple and safe positioning and that the quality of the images is comparable and without streak or beam hardening artifacts. The positioning device, developed during the study, demonstrated its usefulness so that, recently, we started to create a prototype computer made.

In conclusion, the CT procedure described here offers several advantages over existing procedures: non-stressful positioning; simple and quick, even in giant dogs, owing to the special positioning device; high quality images with low noise; easy image assessing thanks to simultaneous visualization of both elbows.

**Key words:** TC, displasia del gomito, cane

**Introduzione:** la displasia del gomito è una tra le patologie ortopediche più frequenti nei cani di taglia medio-grande e gigante. Sotto questa denominazione si fa riferimento a un gruppo di patologie che compaiono durante l'accrescimento e che comprendono: la mancata unione del processo anconeale dell'ulna (UAP); la frammentazione del processo coronoideo mediale dell'ulna (FMCP); l'osteochondrosi (OC) o l'osteochondrosi dissecante (OCD) del condilo omerale; l'incongruenza articolare (IA), da radio corto, da ulna corta o da ovalizzazione dell'incisura semilunare dell'ulna. Per lo screening di tale patologia ortopedica l'esame di diagnostica per immagini di scelta è la radiografia ma negli ultimi anni, sempre più spesso, viene raccomandato il ricorso alla Tomografia Computerizzata (TC), data la sua maggiore sensibilità e specificità. Nonostante ciò, al momento non ancora esiste un protocollo di studio TC standardizzato e universalmente accettato. In Letteratura sono descritti numerosi protocolli che, tuttavia, presentano un fattore comune, il posizionamento stressante imposto al rachide cervicale: il collo del paziente viene iperesteso dorso-caudalmente o flessione latero-caudalmente per far sì che nel gantry siano introdotte solo i gomiti. In considerazione del fatto che molte delle razze predisposte alla displasia del gomito sono, allo stesso tempo, predisposte alla spondilopatia cervicale caudale (sindrome di Wobbler), è nostra opinione che i posizionamenti suggeriti dai diversi protocolli di studio TC del gomito finora proposti siano potenzialmente pericolosi.

Obiettivo del nostro lavoro è stata, oltre a fornire una valutazione analitica dei rilievi TC in corso di displasia del

gomito, la messa a punto di un nuovo protocollo per lo studio TC dei gomiti, non stressante per il rachide cervicale.

**Materiali e Metodi:** lo studio è stato condotto presso il Centro Interdipartimentale di Radiologia Veterinaria dell'Università degli Studi Federico II di Napoli ed è stato sviluppato in due fasi: una prima fase di analisi retrospettiva degli esami TC eseguiti nel periodo gennaio 2005 - dicembre 2011; una seconda fase, prospettica, da gennaio 2012 a dicembre 2016, che prevedeva l'applicazione del protocollo da noi proposto.

La procedura da noi proposta prevede il decubito laterale del paziente con gli arti estesi cranialmente e alloggiati all'interno di un supporto ancillare, fatto di schiuma di poliuretano opportunamente sagomata, che ha il duplice scopo di consentire un miglior allineamento e parallelismo tra gli arti e, quindi tra i gomiti, e di rimuovere l'aria tra il collo e gli arti presenti così da eliminare gli artefatti da indurimento del fascio.

Tutti gli studi sono stati eseguiti mediante fette sottili contigue da 1 mm, acquisite con filtro di convoluzione da osso e con parametri di esposizione di 120 kV e 200-260 mAs. Dopo l'acquisizione, le immagini venivano trasferite ad una workstation con software di gestione per immagini DICOM con il quale le scansioni venivano valutate mediante una finestra da osso (Window Level-WL 500HU; Window Width-WW 3000HU). Inoltre, per una migliore valutazione degli studi sono state effettuate ricostruzioni multiplanari e ricostruzioni 3D. Per ogni articolazione si valutava la presenza o l'assenza di una lesione primaria (FCP, OCD, UAP e IA). Per il processo coronoideo mediale dell'ulna si valutava la presenza di: deformità, sclerosi, ridotta densità, fissurazione, frammentazione (eventualmente associata a "Kissing Lesions" - KL), e dislocazione del frammento. Inoltre per ogni

articolazione si è valutata la presenza o l'assenza di osteofiti, sclerosi e cisti dell'osso subcondrale, considerando singolarmente i segmenti ossei di radio, ulna e omero.

A scopo comparativo, in due soggetti, l'esame TC è stato eseguito sia con il nostro protocollo sia con uno già riportato in letteratura, che prevede il decubito sternale con gli arti estesi cranialmente e il collo flessso latero-caudalmente. Per valutare la qualità delle immagini TC ottenute con il nostro protocollo, è stato eseguito un confronto con le immagini ottenute con il protocollo già riportato in letteratura utilizzando il metodo basato sulla misura del rumore. Il rumore è stato misurato come deviazione standard delle Hounsfield Unit (HU) calcolato in regioni di interesse (Region Of Interest – ROI) selezionate su tre scansioni comparabili per ciascun gomito. I dati ottenuti sono stati analizzati statisticamente mediante il test dei ranghi di Wilcoxon per dati appaiati, con limite di significatività pari a  $p < 0,05$ .

**Risultati:** sono stati sottoposti a esame TC del gomito 61 pazienti, per un totale di 122 gomiti. Il campione era costituito dalle seguenti razze: 24 Labrador Retriever, 11 Pastore Tedesco, 5 Rottweiler, 4 Golden Retriever, 3 Dogue de Bordeaux, 2 Bovaro del Bernese, 2 Chow Chow, 2 meticcio di taglia grande, 1 Alaskan Malamute, 1 American Staffordshire Terrier, 1 Border Collie, 1 Bloodhound, 1 Cane Corso, 1 Pastore Belga, 1 Pitbull Terrier, 1 Terranova. In base al sesso, il campione era suddiviso in 45 maschi e 16 femmine. L'età media era di 11,7 mesi (range 5-60 mesi) e il peso medio 30,7 kg ( $\pm 12,5$ ). In tre pazienti, bilateralmente, non sono state riscontrate lesioni riferibili a malattia articolare, in 58 cani erano presenti alterazioni da displasia del gomito: in 15 soggetti la patologia era monolaterale, mentre in 43 era bilaterale. La prevalenza delle

lesioni era: IA 72% (88/122), FMCP 57,4% (70/122), OCD 8,2% (10/122), UAP 2,4% (3/122).

**Discussione e conclusione:** come già riportato in altri lavori, nel nostro campione le razze maggiormente rappresentate sono risultate essere il Labrador Retriever e il Pastore Tedesco mentre, per quanto riguarda il sesso, i maschi erano prevalenti rispetto alle femmine.

I nostri risultati confermano l'elevata sensibilità della CT nella diagnosi della displasia del gomito, in particolare nei casi di IA e FMCP. L'incongruenza articolare rappresenta la lesione più frequente nel nostro campione. Questo risultato può essere legato alla maggiore sensibilità dell'esame TC rispetto alla radiografia anche quando sono presenti lievi incongruenze (<2mm). La frammentazione del processo coronoideo mediale rappresenta la seconda lesione più frequente nel nostro campione. Anche in questo caso tale particolare distribuzione potrebbe essere legata sia alla maggiore prevalenza di tale lesione in corso di displasia del gomito sia al fatto che, di solito, l'esame TC rappresenta un'indagine di secondo livello eseguita successivamente a esami radiografici dubbi per la presenza di FMCP.

Per il motivo opposto, l'OCD e la UAP nel nostro, come in campioni di precedenti studi sull'esame TC del gomito in corso di displasia, sono poco rappresentate dato che esse, solitamente, sono facilmente già con l'esame radiografico.

Tutti i protocolli di studio TC dei gomiti fin qui descritti prevedono un posizionamento particolarmente stressante per il rachide cervicale che, in considerazione della possibile e concomitante presenza della spondilopatia cervicale caudale, a nostro avviso possa essere potenzialmente dannoso. Il protocollo da noi messo a punto, grazie anche al supporto

ancillare realizzato, permette di eseguire lo studio facilmente, anche in soggetti di taglia gigante, senza stressare il rachide cervicale, e con immagini di qualità sovrapponibile a quelle ottenute con le procedure descritte. Il posizionatore realizzato ha dimostrato di essere utile per ottenere un posizionamento più simmetrico dei gomiti e, grazie alla rimozione dell'aria tra il collo e gli arti anteriori, la scomparsa degli artefatti da indurimento del fascio. Per questo, di recente è stato realizzato un prototipo computerizzato per la stampa 3-D.

In conclusione, il protocollo da noi proposto presenta diversi vantaggi rispetto alle procedure già descritte: il posizionamento è semplice e veloce da eseguire, anche in soggetti di taglia gigante, grazie all'utilizzo del posizionatore messo a punto; non è stressante per il rachide cervicale; fornisce immagini ad alta risoluzione spaziale e con basso rumore; facilita la valutazione dei gomiti grazie alla loro visualizzazione simultanea.

Il termine displasia deriva dalle parole greche “*dis*” anomalo, e “*plasia*” maturazione, la displasia del gomito è, quindi, un anomalo sviluppo di detta articolazione. Nel 1965 Corley e Carlson definirono come displasia del gomito, nel Pastore Tedesco e nel San Bernardo, l’osteoartrosi generalizzata dell’articolazione, associata o meno alla mancata unione del processo anconeale dell’ulna (“Ununited Anconeal Process” - UAP). Oggi nella displasia del gomito, oltre alla UAP, vengono incluse più patologie quali la frammentazione del processo coronoideo mediale dell’ulna (“Fragmented Medial Coronoid Process” - FMCP), l’osteocondrosi o osteocondrite dissecante (OCD) del condilo omerale, e l’incongruenza articolare (IA). La displasia del gomito rappresenta la principale causa di zoppia dell’arto anteriore nei cani appartenenti alle razze di taglia medio-grande e gigante (Grondalen J e Grondalen T, 1981; Van Ryssen and Van Bree, 1997; Morgan et al., 2000; Sergelidou e Dinev, 2014). È una patologia, principalmente, su base ereditaria poligenica ma viene definita anche multifattoriale, in quanto diversi sono i fattori che possono favorirla, quali quelli ambientali e/o nutrizionali, e per questo sono stati proposti numerosi meccanismi eziopatogenetici alla base della patologia (Weis, 1983; Bienz 1985; Wind, 1986; Nap, 1995; Olsson, 1983; Morgan et al., 2000; Gemmill et al, 2005; Kramer et al; 2006; Cook e Cook, 2009; Gemmill et al., 2009; Samoy et al, 2006).

I cani affetti, di solito, vengono portati a visita per l’insorgenza della zoppia dopo i 6 mesi di età. La diagnosi di sospetto è clinica ma la sua conferma richiede necessariamente l’utilizzo di tecniche di Diagnostica per Immagini.



Sebbene lo studio radiografico del gomito rappresenti, ancora oggi, la tecnica di Imaging più utilizzata per lo screening della displasia, sono state proposte anche altre tecniche più sensibili, quali la Tomografia Computerizzata (TC) (Reichle et al., 2000; Rovesti et al., 2002; De Rycke LM et al., 2002; Gemmill et al., 2005; Holsworth et al., 2005; Gemmill et al., 2006; Kramer et al., 2006; Wagner K et al., 2007; Moores et al., 2008; Cook e Cook, 2009; Groth et al., 2009; Samoy et al., 2012; Alves-Pimenta et al., 2016). Già a partire dal 1994, si metteva in luce la maggiore sensibilità di tale tecnica per la diagnosi di lesioni a carico del processo coronoideo mediale (Braden et al., 1994). Tuttavia, in molti dei lavori citati, a parte le impostazioni puramente tecniche dello studio (parametri di esposizione e spessore delle fette), spesso non viene chiarito il posizionamento del paziente. Solo nel 2000, Reichle e colleghi, in uno studio sui rilievi diagnostici TC in corso di zoppia di gomito, descrivono in maniera più dettagliata il posizionamento adottato e, cioè, il decubito sternale con l'arto anteriore in esame iperesteso cranialmente e perpendicolare al fascio (Reichle et al., 2000). Successivamente, sono stati pubblicati ulteriori studi nei quali, però, la metodologia di indagine, in particolare il posizionamento del paziente, era variabile ma con un denominatore comune rappresentato da una posizione particolarmente stressante per il collo che in tutti i casi è iperflesso, caudalmente o lateralmente, affinché il/i gomito/i fossero l'unica struttura anatomica posta all'interno del gantry. (Rovesti et al., 2002; Moores et al., 2008; Groth et al., 2009)

Molte delle razze predisposte alla displasia del gomito sono, contemporaneamente, predisposte a malformazioni del rachide cervicale caudale (sindrome di Wobbler) che è caratterizzata principalmente dall'instabilità tra gli ultimi metameri del rachide cervicale che, in ultima istanza, provoca compressioni radicolari e/o midollari a livello di questo tratto. (Lewis, 1989; Breit e Kunzel, 2001)

In questa tesi verrà descritto un nuovo protocollo di esecuzione dell'esame TC dei gomiti non stressante per il rachide cervicale, messo a punto mediante l'esperienza maturata negli ultimi anni presso il Centro Interdipartimentale di Radiologia Veterinaria.

La tesi si sviluppa in una Parte Generale e in una Parte Sperimentale. Nella Parte Generale sono descritte l'anatomia del gomito, la displasia del gomito nelle sue diverse manifestazioni, le tecniche di Imaging impiegate nella diagnosi di questa patologia e l'anatomia TC normale del gomito del cane. La parte sperimentale consta di un capitolo sui Materiali e Metodi, un capitolo sui Risultati e, infine, un capitolo dedicato alla Discussione sui risultati da noi ottenuti, facendo riferimento anche ai lavori scientifici fin ad oggi pubblicati sull'argomento. Chiudono la tesi, un breve capitolo sulle Conclusioni e un'aggiornata Bibliografia

## **Bibliografia**

- Alves-Pimenta S, Ginja MM, Fernandes AM, Ferreira AJ, Melo-Pinto P, Colaco B. Computed tomography and radiographic assessment of congruity between the ulnar trochlear notch and humeral trochlea in large breed dogs. *Vet Comp Orthop Traumatol*, Nov 16, 2016.
- Bienz HA. Klinische und radiologisch Untersuchungen über den fragmentierten Processus coronoideus medialis im ellbogengelenk des Berner Sennenhundes und der anderen sennenhunde-rassen. Inaugural-Dissertation Zurich , 1985.
- Braden TD, Stickle RL, Dejardin LM, Mostosky UV. The use of computed tomography in fragmented coronoid disease: A case report. *Vet Comp Orthop Traumatol*, 7: 40-44, 1994.
- Cook CR e Cook JL. Diagnostic Imaging of canine Elbow Dysplasia: a review. *Veterinary Surgery*, 2009 38:144–153.

- Corley EA and Carlson WD (1965) Radiographic, genetic and pathologic aspects of elbow dysplasia. *Journal of the American Veterinary Medical Association* 147: 1651
- De Rycke LM, Gielen IM, van Bree H, et al: Computed tomography of the elbow joint in clinically normal dogs. *Am J Vet Res* 63:1400–1407, 2002 .
- Gemmill TJ, Hammond G, Mellor D, Sullivan M, Bennet T, Carmichael S. Use of reconstructed computed tomography for the assessment of joint spaces in the canine elbow. *J Small Anim Pract* 47:66–74, 2006 .
- Gemmill, T.J., Mellor, D.J., Clements, D.N., Clarke, S.P., Farrell, M., Bennett, D., Carmichael, S., 2005. Evaluation of elbow incongruity using reconstructed CT in dogs suffering fragmented coronoid process. *Journal of Small Animal Practice* 46, 327–333
- Grondalen J e Grondalen T. Arthrosis in the elbow joint of young rapidly growing dogs. V. A pathoanatomical investigation. *Nordisk Veterinaermedicin* 33, 1-16, 1981.
- Groth AM, Benigni L, Moores AP, Lamb CR: Spectrum of computed tomographic findings in 58 canine elbows with fragmentation of the

- medial coronoid process. J Small An Pract, 50: 15-22, 2009.
- Holsworth IG, Wisner ER, Scherrer WE, et al: Accuracy of computed tomographic evaluation of canine radio-ulnar incongruence in vitro. Vet Surg 34:108–113, 2005.
- Kramer A, Holsworthy IG, Wisner ER, Kass PH, Schultz KS. Computed tomographic evaluation of canine radioulnar incongruence in vivo. Veterinary Surgery 35, 24–29, 2006
- Moore AP, Benigni L, Lamb CR: Computed tomography versus arthroscopy for detection of canine elbow dysplasia lesions. Vet Surg 37:390–398, 2008.
- Morgan JP, Wind A, Davidson AP: Hereditary Bone and Joint diseases in the Dog. Ed. Shlutersche Hannover, 2000, pag. 41-92.
- Nap, RC. Pathophysiology and clinical aspects of canine elbow dysplasia. In: Proceedings of the 7th International Elbow Working Group Meeting, Constance, Germany, pp. 6–8, 1995.

- Olsson, SE. The early diagnosis of fragmented coronoid process and osteochondritis dissecans of the canine elbow joint. *Journal of the American Animal Hospital Association* 19, 616–626, 1983.
- Reichle JK, Park RD, Bahr AM: Computed tomographic findings of dogs with cubital joint lameness. *Vet Radiol Ultrasound* 41:125–130, 2000.
- Samoy Y, Gielen I, Van Caelenberg et al.: Computed Tomographic findings in 32 joints affected with severe elbow incongruity and fragmented medial coronoid process. *Vet Surg* 41: 486-494, 2012.
- Samoy Y, Van Ryssen B, Gielen I, et al: Review of the literature: elbow incongruity in the dog. *Vet Comp Orthop Traumatol* 19:1–8, 2006.
- Sergelidou E e Dinev D. Prevalence of developmental skeletal abnormalities in the dog in Bulgaria: a 6-year survey. *Bulgarian Journal of Veterinary Medicine*, 2014.
- Van Ryssen B e Van Bree H. (1997) Arthroscopic findings in 100 dogs with elbow lameness. *Veterinary Record* 140, 360-362
- Wagner K, Griffon DJ, Thomas MW, et al: Radiographic, computed tomographic, and arthroscopic evaluation of experimental radio-ulnar

incongruence in the dog. Vet Surg 36:691–698, 2007.

Wagner K, Griffon DJ, Thomas MW, et al: Radiographic, computed tomographic, and arthroscopic evaluation of experimental radio-ulnar incongruence in the dog. Vet Surg 36:691–698, 2007.

Weis M knochenwachstumsuntersuchungen mittels fluoreszenzmikroskopischer, mikroradiographischer und phasenkontrastmikroskopischer Techniken am Ellbogengelenk sowie distal an Radius und Ulna beim jungen Hund. Thesis, Zurich, 1983.

Wind AP. Elbow incongruity and developmental elbow diseases in the dog. Part I. JAAHA 22:711-724, 1986.

## **Capitolo 1**

Parte Generale





## 1.1 Anatomia del gomito

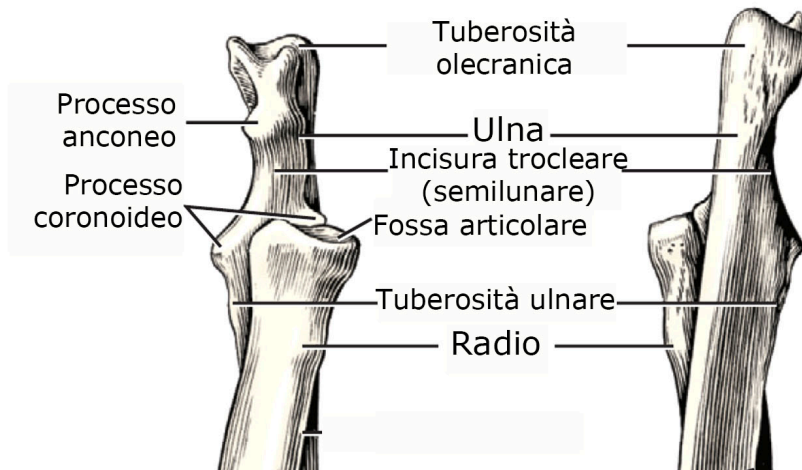
L'articolazione omero-radio-ulnare (*articulatio cubiti*), che realizza l'unione meccanica tra braccio ed avambraccio, comprende l'estremità distale dell'omero e le porzioni prossimali di radio e ulna (Figura 1).



**Figura 1** Articolazione del gomito, veduta craniale (modificato da Evans e de Lahunta, 2013).

Questa articolazione viene definita ginglimo angolare pressoché perfetto in quanto è capace di compiere movimenti di flessione, estensione ed un limitato grado di rotazione.

La superficie distale dell'omero è il condilo, che comprende la cresta epicondiloidea laterale, il foro sopratrocleare, gli epicondili, laterale e mediale, la troclea ed il capitello (*capitulum humeri*). Quest'ultimo, posto lateralmente e di ridotte dimensioni, si articola con la testa del radio, mentre sul versante mediale, la troclea omerale, di dimensioni maggiori, prende rapporti articolari con l'incisura semilunare e il processo coronoideo dell'ulna (Figura 2).

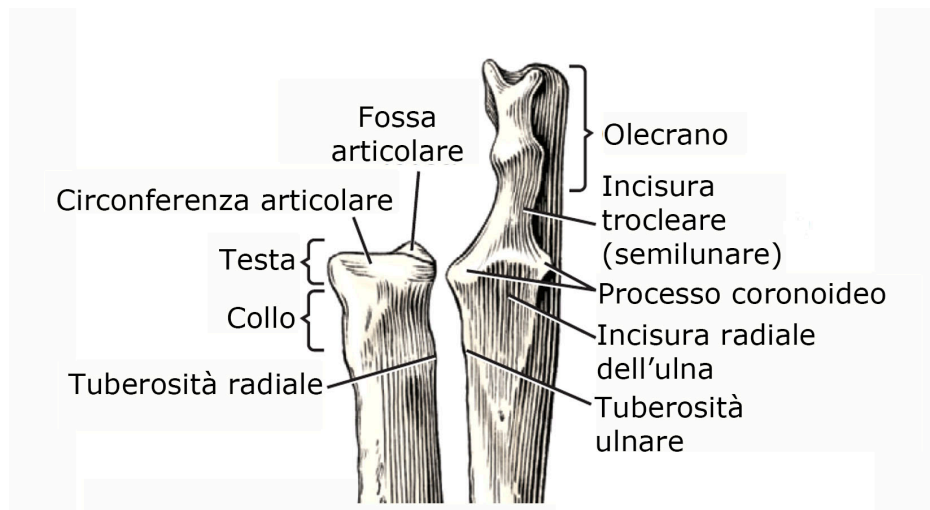


**Figura 2** Radio e Ulna, epifisi prossimali, veduta craniale e caudale (modificato da Evans e de Lahunta, 2013).

L'ulna prossimale comprende l'olecrano, il processo anconeale, l'incisura trocleare o semilunare e i processi coronoidei mediale e laterale.

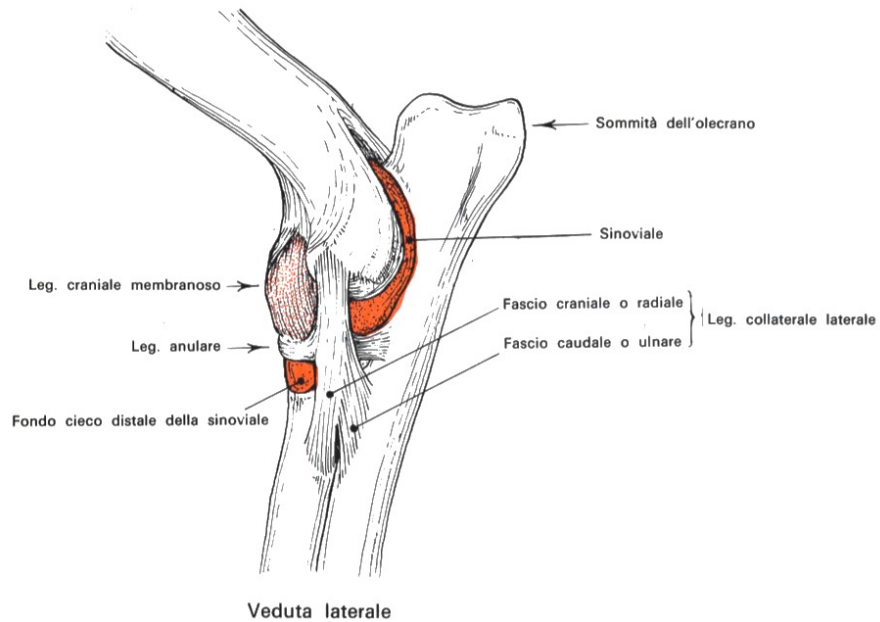
Il processo anconeale dell'ulna si articola con la superficie intercondilare caudale dell'omero, inserendosi nella fossa olecranonica.

Distalmente all'incisura semilunare dell'ulna, sono presenti due eminenze articolari: il processo coronoideo mediale e quello laterale. Il primo, di dimensioni maggiori, si articola con la troclea omerale, il secondo, più piccolo, con il capitello omerale. Questi processi hanno la funzione di accrescere la superficie di contatto dell'articolazione, contribuendo per circa il 20-25 % a sostenere il carico del gomito.



**Figura 3** Radio e Ulna, epifisi prossimali, veduta delle interfacce articolari (modificato da Evans e de Lahunta, 2013).

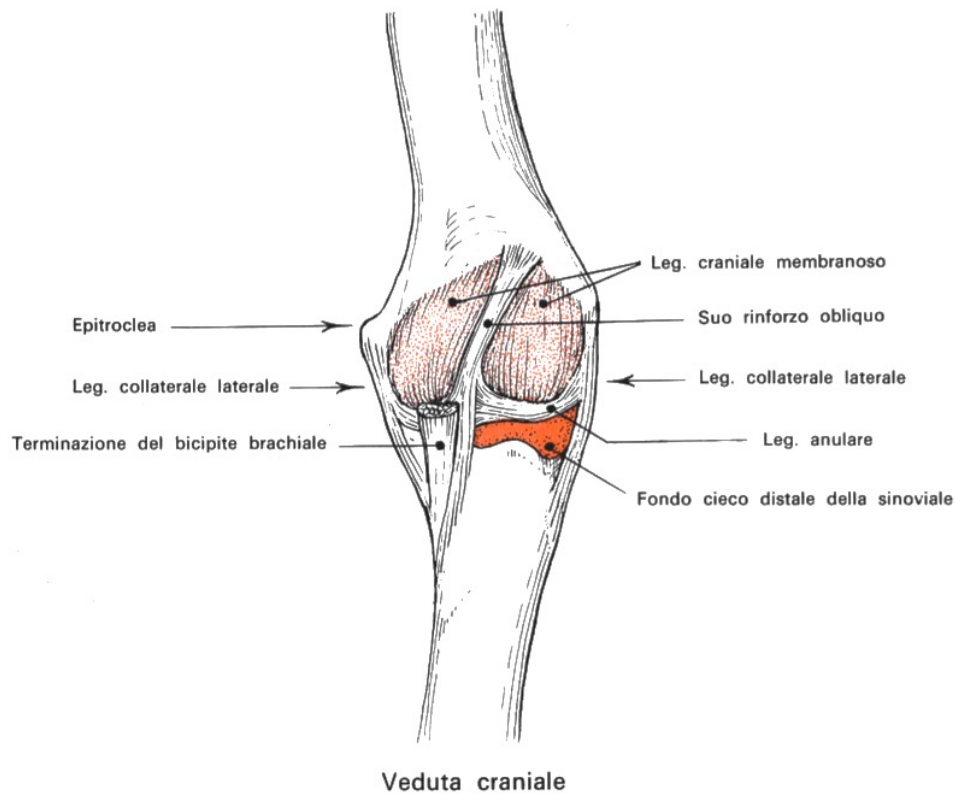
L'estremità prossimale del radio, il capitello radiale, si oppone in modo perfetto all'omonimo omerale e, in parte, alla troclea, costituendo



**Figura 4** Articolazione del gomito sn del cane con rappresentazione capsula sinoviale e legamenti (veduta laterale) (modificato da Barone 2004).

l'articolazione omero-radiale, sulla quale grava per circa il 75-80% il carico sostenuto dal gomito.

La testa del radio presenta sul margine posteriore una faccetta articolare

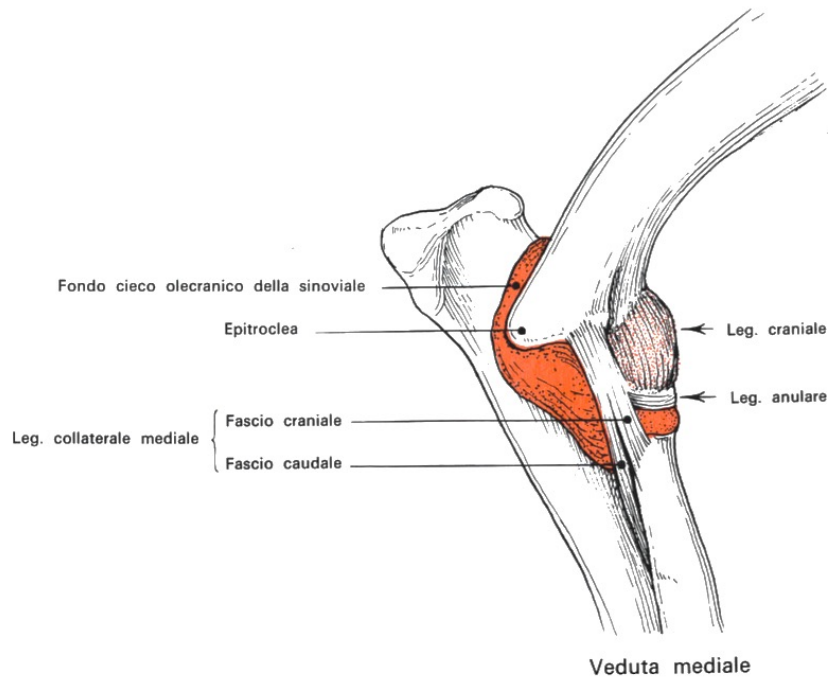


**Figura 5** Articolazione del gomito sn del cane con rappresentazione capsula sinoviale e legamenti (veduta craniale)(modificato da Barone, 2004).

allungata, che viene accolta nell'incisura radiale dell'ulna.

I mezzi di unione sono costituiti: da una capsula articolare, la quale è rinforzata sulla faccia craniale da un legamento membranoso; da due legamenti collaterali, uno mediale e l'altro laterale; dal legamento anulare; dal legamento olecranico; da muscoli e tendini che rendono più solida l'articolazione sulle sue facce craniali e caudale (Evans e de Lahunta, 2013).

La capsula articolare costituisce un manicotto irregolare, si inserisce sull'omero a livello del margine prossimale della fossa coronoidea e della fossetta radiale, quindi sotto la base dell'epicondilo e dell'epitroclea, a breve distanza dalla superficie articolare e, infine sul contorno della fossa olecranica. Sull'avambraccio, essa è inserita sul contorno delle superfici articolari e discende inoltre tra il radio e l'ulna per partecipare all'articolazione prossimale di queste ossa. Cranialmente, è rivestita da un legamento membranoso che si estende da un legamento collaterale all'altro e trae origine, prossimalmente, dalla fossa coronoidea e, distalmente, si fonde con il legamento anulare, rinforzando la capsula articolare sulla faccia flessoria del gomito. A rinforzo del legamento



**Figura 6** Articolazione del gomito sn del cane con rappresentazione capsula sinoviale e legamenti (veduta mediale)(modificato da Barone, 2004).

membranoso vi è il legamento obliquo costituito da un piccolo fascio di fibre, che attraversa obliquamente la faccia flessoria del gomito dal margine prossimale laterale al margine distale mediale e si divide all'esterno del legamento anulare in due rami. Il più corto di questi si inserisce sulla branca craniale del legamento collaterale mediale; il più lungo circonda i tendini dei muscoli bicipite brachiale e brachiale e termina sul bordo mediale del radio (Barone, 2004).



Il legamento collaterale laterale o ulnare è un insieme fibroso robusto e appiattito che scende sulla faccia laterale del gomito. Prende origine sull'omero, lateralmente al condilo di quest'osso, successivamente le sue fibre divergono formando due fasci, craniale e caudale. Questa, a livello della testa del radio, si fondono con il legamento anulare e quindi si inseriscono, rispettivamente, sul radio e sull'ulna.

Il legamento collaterale mediale o radiale è più esile ma al tempo stesso più lungo di quello laterale, si inserisce prossimalmente sull'epitroclea omerale, si dirige verso il basso e, a livello del legamento anulare si divide in due fasci, uno craniale che si inserisce sul radio ed uno caudale, che si inserisce nello spazio articolare radioulnare, terminando in parte sull'ulna e in parte sul radio.

I legamenti collaterali laterale e mediale hanno la funzione di impedire rispettivamente i movimenti di adduzione ed abduzione del gomito.

Il legamento anulare del radio si inserisce sul processo coronoideo laterale e mediale dell'ulna, formando un anello che circonda la testa del radio svolgendo una funzione di stabilizzazione dell'articolazione radioulnare, permettendo allo stesso tempo di effettuare i movimenti di rotazione assiale dell'avambraccio.

Il legamento olecranico prende origine dal margine mediale della fossa olecranica e si porta sul margine mediale dell'olecrano, andando a costituire un rinforzo alla capsula articolare sulla faccia estensoria del gomito.

Numerosi muscoli contribuiscono a contenere i segmenti ossei del gomito. Sulla faccia craniale, il legamento membranoso è rivestito, nella sua metà mediale, dai tendini del brachiale e del bicipite. La sua parte laterale è coperta dalle estremità prossimali dei muscoli estensori del carpo e delle dita. Sulla faccia caudale, gli estensori dell'avambraccio, anconeo e tricipite brachiale, terminano mediante solidi attacchi sull'olecrano, mentre i muscoli flessori del carpo e delle falangi consolidano medialmente l'articolazione con i loro attacchi epitrocleari; lateralmente, il muscolo ulnare laterale svolge una azione analoga, mediante la sua origine sull'epicondilo (Barone, 2004).

La sinoviale del gomito pur essendo tenuta strettamente sui lati dai legamenti collaterali, forma invece espansioni più o meno estese, sulle facce craniale, laterale, mediale e soprattutto caudale dell'articolazione (Constantinescu GM e Constantinescu IA, 2009; Evans e de Lahunta, 2013). Cranialmente occupa la fossa coronoidea, formando inoltre cercini

sotto la terminazione del brachiale e del bicipite brachiale. Sulla faccia caudale, un vasto fondo cieco olecranico occupa la fossa olecranica, sotto la terminazione dei muscoli estensori dell'avambraccio. Infine, attorno all'estremità prossimale del radio, distalmente al legamento anulare, si trova un vasto fondo cieco distale.

## 1.2 Displasia del gomito

Il termine displasia del gomito viene utilizzato per descrivere una sindrome clinica caratterizzata da una precoce artropatia degenerativa, tipica dei cani giovani appartenenti a razze di taglia medio-grande e gigante, quindi soggetti a rapido accrescimento. La displasia del gomito è stata descritta come mancata unione del processo anconeale dell'ulna per la prima volta nel 1965 (Corley e Carlson, 1965). Questa lesione, denominata anche come "dysplasia articulationis cubiti", già nel 1966, è stata inclusa nel libro di testo "Atlas Radiologica" di Wamberg dove era descritta nel pastore tedesco e nel san Bernardo. Solo successivamente, la frammentazione del processo coronoideo mediale dell'ulna e l'osteochondrite dissecante del condilo omerale mediale sono state associate a questa patologia (Nap, 1995; Olsson, 1983). Storicamente, infatti, queste tre patologie sono state descritte in maniera individuale, tuttavia, il moderno concetto di displasia del gomito lega queste tre patologie in quanto accomunate dalla medesima origine ovvero l'incongruenza articolare (Morgan et al, 2000; Gemmill et al, 2005; Samoy et al, 2006; Kramer et al; 2006).

A partire dal 1988, con l'istituzione dell'International Elbow Working Group (IEWG) da parte della World Small Animal Veterinary Association

(WSAVA), e con l'identificazione di una possibile origine ereditaria e condrodistrofica comune alle varie alterazioni, si è cominciato ad utilizzare la denominazione di displasia del gomito (Anomymous, 1990, 1994).

Attualmente, infatti, nel termine di displasia del gomito si comprende le seguenti affezioni:

- mancata unione del processo anconeale dell'ulna (UAP);
- frammentazione del processo coronoideo mediale dell'ulna (FMCP);
- osteocondrosi (OC) od osteocondrite dissecante (OCD) del condilo omerale;
- incongruenza articolare (IA).

L'eziopatogenesi della displasia del gomito presenta non poche difficoltà interpretative e, per questo, sono state formulate diverse ipotesi. Secondo alcuni autori, essa sarebbe l'espressione di un primitivo processo di osteocondrosi (Nap, 1995; Olsson, 1983); secondo altri, le alterazioni si svilupperebbero in seguito ad una asincrona crescita radio-ulnare, che, primitivamente, sarebbe alla base dell'incongruenza articolare e che, solo secondariamente, sarebbe in grado di determinare le lesioni articolari

caratteristiche delle varie affezioni (Gemmil et al, 2005; Kramer et al; 2006); secondo altri, ancora, la displasia del gomito sarebbe determinata da un anomalo sviluppo dell'incisura semilunare dell'ulna (Morgan et al, 2000; Samoy et al, 2006).

La displasia del gomito può essere considerata come il risultato di una predisposizione genetica aggravata da fattori ambientali. Ne sono colpiti cani appartenenti a razze di taglia grande-gigante quali: rottweiler, bovaro del bernese, san bernardo, bull mastiff, pastore tedesco, terranova, labrador retriever, golden retriever (Grondalen, 1982; Guthrie e Pidduck, 1990; Grondalen e Lingaas, 1991). Le diete a elevato contenuto energetico e ricche di calcio, determinano una rapida crescita dei cuccioli con un aumento del peso ponderale, che associate a un'eccessiva attività fisica, eventualmente su terreni duri o su pavimento, possono predisporre a questa malattia articolare. Un ruolo importante è giocato anche dal sesso, infatti, i soggetti maschi appaiono più predisposti a sviluppare la patologia, ciò presumibilmente legato a un loro più veloce accrescimento rispetto alle femmine, ma non si esclude una causa genetica (Guthrie e Pidduck, 1990). Alcuni studi epidemiologici hanno suggerito che le diverse forme di displasia del gomito possono essere ereditate in maniera indipendente

(Clements, 2006). Dalla letteratura appare evidente una predisposizione di razza, infatti, nel Bovaro del Bernese l'incongruenza e la FMCP sono le affezioni più frequenti (Hazewinkel e Ubbink, 1999), anche nel Rottweiler è frequente la FMCP ma è, invece, rara l'OC (Grondalen, 1982), il labrador spesso presenta OCD e FMCP (Guthrie, 1989), infine nel pastore tedesco è evidente un'elevata prevalenza di UAP (Corley e Carlson 1965).

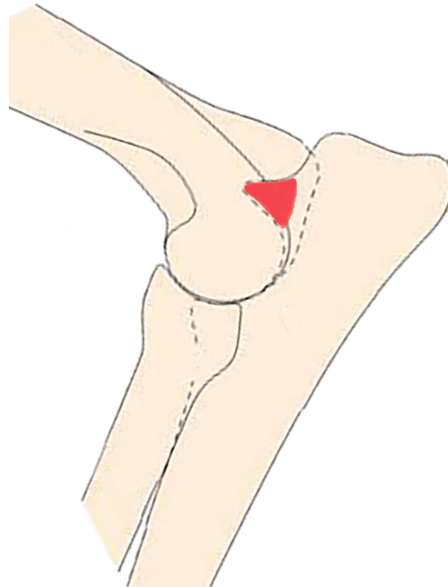
La displasia del gomito è una condizione evolutiva, i segni clinici possono comparire intorno ai 4-8 mesi di vita o più tardivamente, ciò in base al grado di artropatia che, se lieve, può essere asintomatica o lievemente sintomatica. Spesso, può accadere che la displasia sia bilaterale determinando, quindi, un'alterazione nell'andatura a carico di entrambi gli arti, che al proprietario può apparire normale. In uno studio sui rottweiler, il 57% dei cani aveva segni radiografici di displasia del gomito, ma solo il 15% presentava zoppia evidente (Read et al, 1996).

Per una descrizione più dettagliata della displasia del gomito, qui di seguito verranno trattate singolarmente le varie affezioni che ne fanno parte (UAP, FMCP, OCD e IA), approfondendo di volta in volta quelle che sono le ipotesi eziopatogenetiche più accreditate.

### 1.2.1 Mancata unione del processo anconeale

Nelle razze di taglia medio-grande e gigante, il processo anconeale ha un nucleo di ossificazione separato (Figura 7). Questo nucleo origina dal IV centro di ossificazione dell'ulna ed è visibile radiograficamente intorno all'85° giorno di vita. La fusione di tale

nucleo con l'olecrano avviene definitivamente intorno alle 16-18 settimane. Sono segnalate, tuttavia, delle differenze nelle varie razze in conseguenza della chiusura tardiva del disco. Nel Pastore Tedesco, ad esempio, tale chiusura può avvenire alla 20<sup>a</sup>



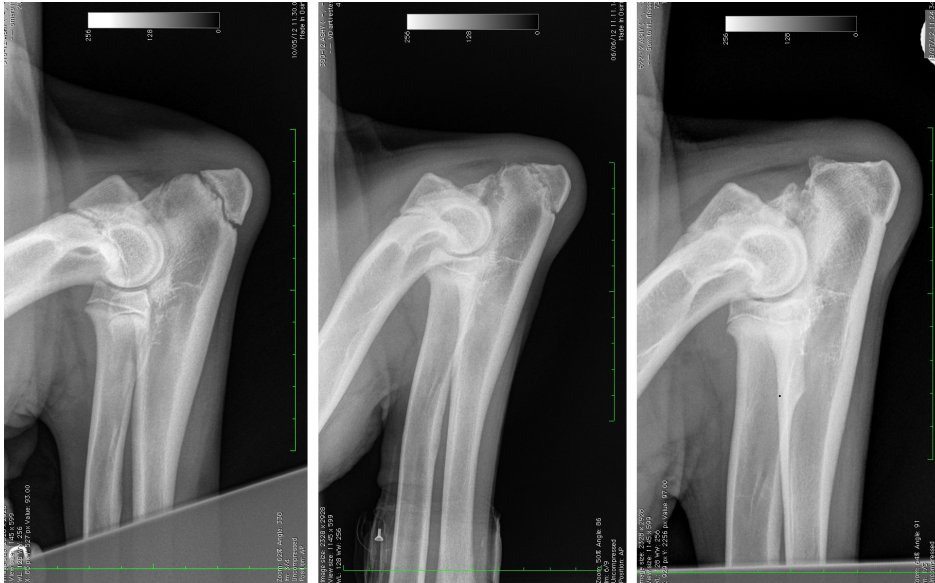
settimana (~124 gg  $\pm$  17 gg), e nel Greyhound il ritardo si può protrarre di altri 10 giorni. L'UAP è stata segnalata

*Figura 7 Rappresentazione schematica dell'articolazione del gomito con evidenziato il processo anconeale dell'ulna.*

per la prima volta nel pastore tedesco (Stien, 1956; Cawley e Archibald, 1959; Carlson e Severin, 1961; Loeffler 1963, 1964), che ancora rappresenta la razza più colpita, ma è stata descritta anche nel rottweiler, nel Mastino Napoletano, nel San Bernardo, nel Bull Mastiff, nell'Alano,



nel Labrador Retriever e nel Terranova. La teoria più accreditata del meccanismo patogenetico è riconducibile o a un ritardo di crescita dell'ulna (Morgan et al, 2000) o alla presenza di un'incisura semilunare dell'ulna ovalizzata, cioè, con un raggio di curvatura inferiore rispetto a quello dei condili omerali (Weis, 1983; Wind, 1986-1990).



**Figura 8** Esame radiografico gomito dx in proiezione ML flessa di un Pastore Tedesco di 5 mesi con mancata unione del processo anconeale dell'ulna; con controlli a 6 mesi e 7 mesi.

I segni clinici di zoppia si evidenziano quando l'articolazione diventa instabile per la fissurazione del processo o per il suo distacco, e variano in base all'instabilità del processo anconeale. Le modificazioni più precoci si

osservano solitamente intorno ai 5-6 mesi di età, a partire da tale epoca il riscontro della mancata completa ossificazione del processo anconeale è da considerarsi patologico. (Morgan et al., 2000) (Figura 8).

### 1.2.2 Frammentazione del processo coronoideo mediale

Olsson nel 1974, descrisse per la prima volta la frammentazione del processo coronoideo mediale (Figura 9).

Inizialmente, tale lesione venne denominata “mancata unione del processo coronoideo” ma

tale termine è errato in quanto

questa struttura, a differenza

del processo anconeale, non

presenta un centro di

ossificazione separato. Infatti,

successivamente, fu più

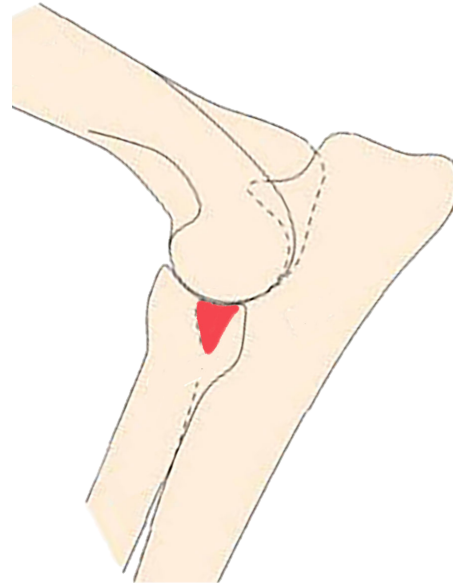
correttamente denominata

“frammentazione del processo

coronoideo”. Attualmente

viene indicata come la patologia del processo coronoideo

mediale comprendendo sia la fissurazione, sia la



**Figura 9** Rappresentazione schematica dell'articolazione del gomito con evidenziato il processo coronoideo mediale dell'ulna.

frammentazione propriamente detta.

La patologia colpisce cani giovani, con un'età compresa tra i 4 e i 10 mesi, appartenenti a razze di taglia medio-grande, quindi a rapido accrescimento. Il primo segno clinico a comparire è una zoppia che origina dal gomito: successivamente si può osservare un lieve valgismo della mano in quanto il



soggetto cerca di sottrarre al carico il comparto mediale dell'articolazione (Figura 10). Le razze in cui è stata riscontrata con maggiore frequenza

**Figura 10** Cane Labrador affetto da FMCP: si noti la lieve sottrazione al carico dell'arto anteriore sn associata alla extrarotazione della mano.

sono: Labrador Retriever, Golden Retriever, Rotweiller, Bovaro del Bernese e Pastore Tedesco (Grondalen, 1982; Guthrie e Pidduck, 1990; Grondalen e Lingaas, 1991; Morgan et al, 2000).

L'eziopatogenesi è a tutt'oggi ancora controversa. Secondo Olsson (1974), alla base della frammentazione c'è l'osteocondrosi, poiché il processo coronoideo mediale durante i primi mesi di vita è costituito da cartilagine e la sua ossificazione viene ultimata non prima dei 6 mesi. Altri ricercatori (Weis, 1983; Bienz 1985; Wind, 1986) sostengono, invece, che alla base della patologia vi sia l'incongruenza articolare. Un'iniziale incongruenza articolare da radio corto e/o un'incisura semilunare dell'ulna poco sviluppata, causerebbe lo scarico delle forze su un processo coronoideo non ancora ossificato, determinando quindi prima la fissurazione e in seguito la frammentazione dello stesso (Kirberger et al., 1998).

A seconda della localizzazione e delle dimensioni del processo frammentato, in corso di FMCP, le lesioni possono variare. Il frammento può rimanere in situ o dislocarsi, restare cartilagineo o andare incontro a ossificazione, normale o ritardata. In

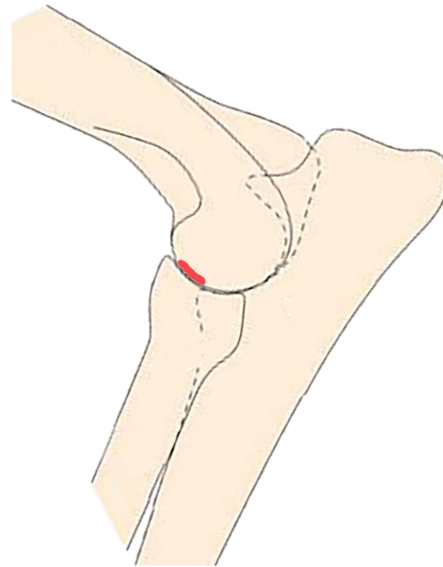
aggiunta, la presenza del frammento del processo coronoideo mediale, oltre alle lesioni osteoartrosiche note, può determinare una caratteristica erosione della superficie opposta della parte mediale del condilo omerale, tale lesione prende il nome di “kissing lesion” (Grondalen J e Grondalen T, 1981; Van Ryssen e Van Bree, 1997).

### 1.2.3 Osteocondrosi del condilo omerale

Osteocondrosi (OC) è un termine usato per indicare una condizione di sviluppo anomalo delle cartilagini di accrescimento. In particolare, l'OC è descritta come un disturbo dell'ossificazione encondrale, un processo durante il quale la cartilagine

di accrescimento è gradualmente trasformata in osso attraverso una sequenza di deposizione della matrice di mineralizzazione,

degenerazione e morte dei condrociti, vascolarizzazione, deposizione tessuto osseo sotto forma di spongiosa primaria (Olsson e Reiland, 1978; Ytrehus et al., 2007). L'OC rappresenta quindi un difetto dell'ossificazione encondrale che determina un'anomala differenziazione delle cellule



**Figura 11** Rappresentazione schematica dell'articolazione del gomito con evidenziata la localizzazione tipica dell'osteochondrosi e/o dell'osteochondrite dissecante a livello della porzione mediale del condilo omerale.

cartilaginee (Olsson, 1975, 1976, 1977; Morgan et al., 2000). Quello che si viene a determinare è un ritardo nella differenziazione dei condrociti con conseguente ispessimento e ritenzione della cartilagine. Nei siti in cui ciò accade, il tessuto cartilagineo anomalo presente non è in grado di rispondere alle sollecitazioni biomeccaniche rispetto alla cartilagine normale, andando incontro a necrosi oppure a fissurazione con formazione di un lembo o “flap”, dando luogo così all’osteocondrosi (od osteocondrite) dissecante (OCD). Generalmente, l’OCD si localizza a livello della superficie mediale del condilo omerale (Figura 11). Come per le altre patologie alla base della displasia del gomito, l’OCD è tipica dei cani di taglia grande e gigante, a rapido accrescimento.

I segni clinici sono simili a quelli riscontrati in cani affetti dalle altre forme di displasia del gomito, anche se la zoppia spesso è più grave e la sua comparsa è generalmente più precoce, già a 4 mesi d’età.

I quadri di OCD, rappresentati da erosione della cartilagine articolare e sclerosi dell’osso subcondrale, vanno differenziati da un’altra lesione relativamente frequente in corso di displasia del gomito, la “kissing lesion” (KL) secondaria alla frammentazione del processo coronoideo mediale



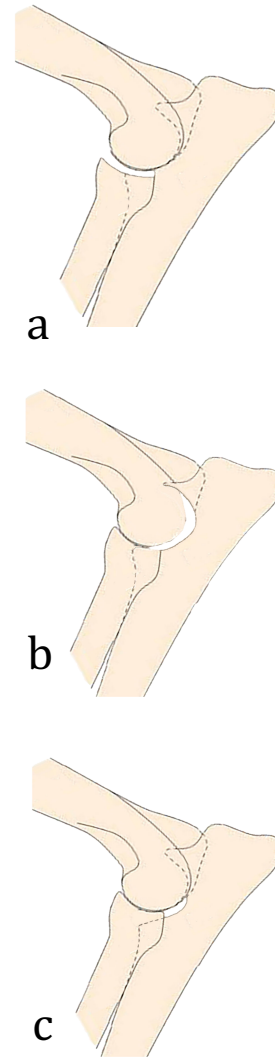
dell'ulna. Solitamente, l'OCD è più mediale mentre in caso di KL la localizzazione è in corrispondenza del frammento del processo coronoideo ulnare frammentato. Inoltre, in alcuni casi, le KL si possono differenziare dalle OD per la presenza di una radiotrasparenza dell'osso subcondrale e/o per la presenza di una linea di sclerosi anche sulla superficie del radio e/o dell'ulna adiacenti al condilo omerale (Hornof et al., 2000; Meyer-Lindenberg et al., 2006; Wisner e Pollard, 2007).

#### 1.2.4 Incongruenza del gomito

Per incongruenza del gomito s'intende un disallineamento delle superfici articolari. Si distinguono tre diversi tipi di incongruenza: da radio corto, da ovalizzazione dell'incisura semilunare dell'ulna e da ulna corta (Figura 12). Diversi autori affermano che l'incongruenza articolare sia alla base delle diverse affezioni della displasia del gomito. Questa teoria è supportata da studi biomeccanici che descrivono la distribuzione delle forze all'interno dell'articolazione. (Van Sickle, 1966; Wind et al, 1986; Kirberger et al, 1998; Macpherson et al, 1994; Preston et al, 2000; Samoy 2006).

Quando è il radio a essere troppo corto, il capitello radiale non si articola con il

capitello radiale non si articola con il



**Figura 12** Rappresentazione schematica delle diverse manifestazioni dell'incongruenza del gomito: a) da radio corto; b) da ovalizzazione dell'incisura semilunare dell'ulna; c) da ulna corta.

condilo omerale e la troclea dell'omero grava esclusivamente sul processo coronoideo mediale dell'ulna, questo tipo di incongruenza è stata considerata come causa di FMCP (Morgan et al., 2000). Nell'incongruenza da ovalizzazione dell'incisura semilunare, quest'ultima risulta poco sviluppata e con un raggio di curvatura ridotto per accogliere il condilo omerale. Nei cani di grossa taglia ciò è legato a un differente grado di crescita del disco epifisario prossimale dell'ulna, che risulta essere più lento rispetto al grado di crescita del disco epifisario distale dell'omero (Samoy et al., 2006). In questo caso, sia il processo anconeale che quello coronoideo mediale dell'ulna sono ipercompressi dal condilo. Nei casi di incongruenza da ulna corta, l'incisura semilunare dell'ulna risulta trascinata distalmente e il processo anconeale preme sul pavimento della fossa olecranea dell'omero portando, in alcuni casi, all'UAP (Morgan et al., 2000).

### 1.3 Diagnostica per Immagini del gomito

La displasia del gomito si manifesta clinicamente con zoppia, ed è proprio questo il motivo per cui il cane è condotto a visita. Una volta raccolti tutti i dati anamnestici ed eseguito l'esame clinico del gomito, per confermare la diagnosi di displasia, per caratterizzarla, per stabilirne la prognosi e, quindi, per pianificare un eventuale trattamento è necessario avvalersi di esami strumentali. A tale scopo sono disponibili diverse tecniche di Diagnostica per Immagini. Tuttavia, a tutt'oggi, il protocollo "perfetto" non è stato ancora individuato in quanto ogni metodica utilizzata finora presenta i suoi punti di forza e i suoi limiti (IEWG, 2012).

Per il passato, la Radiografia è stato l'unico esame disponibile ma, sebbene essa continui a essere la metodica di studio di primo livello, negli ultimi anni sono state introdotte altre tecniche che hanno permesso di aumentare l'accuratezza diagnostica e di migliorare le conoscenze sui molteplici aspetti di questa patologia.

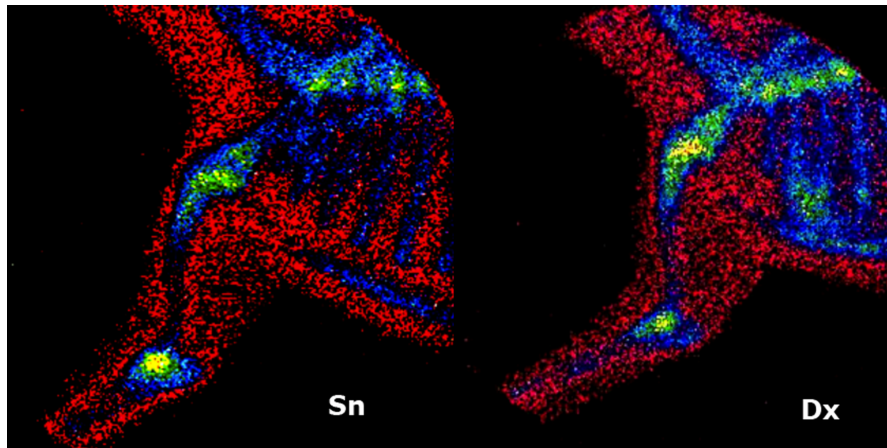
La Scintigrafia è stata utilizzata per individuare nel gomito la fonte delle zoppie di dubbia origine; l'Ecografia ha dimostrato un'utilità per l'osservazione dei tessuti molli che circondano l'articolazione e i profili esplorabili dei capi articolari; la Tomografia Computerizzata (TC) e la

Risonanza Magnetica (RM) rappresentano, attualmente, le metodiche diagnostiche più avanzate in quanto consentono di visualizzare il gomito su piani multipli e di effettuare ricostruzioni tridimensionali permettendo così, un'accurata e completa osservazione delle lesioni (Cook e Cook, 2009).

### ***1.3.1 Scintigrafia***

La scintigrafia è stata utilizzata per identificare la localizzazione della zoppia dell'arto anteriore e per il riconoscimento precoce di lievi alterazioni patologiche del gomito prima che siano evidenti modificazioni radiografiche (Schwarz, 2004). In caso di patologia articolare, è possibile evidenziare una maggiore captazione del radiofarmaco (Metilendifosfonato - MDP - coniugato con Tecnezio 99 metastabile -  $^{99m}\text{Tc}$ ) in quanto esso presenta un particolare tropismo per i segmenti scheletrici o le porzioni di essi in cui vi è un maggiore metabolismo legato a un'aumentata attività osteoblastica. L'aumento dell'assorbimento del MDP- $^{99m}\text{Tc}$  in corso di displasia del gomito può essere generalizzato (Figura 13), come nella maggior parte dei casi, oppure focalizzato nella parte prossimale dell'ulna, nella parte distale del condilo omerale o alla base dell'incisura semilunare;

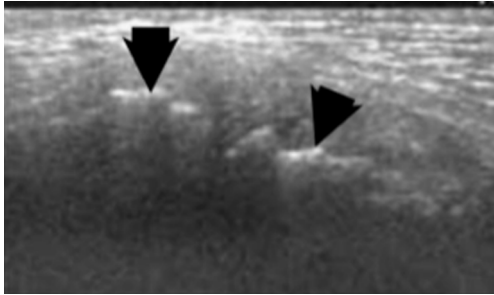
ciò può indirizzare rispettivamente verso l'UAP, l'OCD e la FMCP (Schwarz et al., 2004). Questa tecnica, pur mostrando un'elevata sensibilità nella localizzazione della malattia articolare a carico del gomito, ha comunque una bassa specificità per la patologia sottostante a causa della scarsa risoluzione spaziale. Inoltre, bisogna tener conto anche degli aspetti economici e gestionali, soprattutto quelli riguardanti i radiofarmaci, in quanto bisogna rispettare regolamenti e requisiti anche per lo smaltimento dei rifiuti biologici del paziente dopo la somministrazione di tali sostanze. Infatti, queste problematiche ne hanno limitato la diffusione, in particolare in Italia, mentre nel resto d'Europa e negli Stati Uniti essa è confinata a poche istituzioni universitarie o in grandi centri di riferimento privati (Berry e Daniel, 2006).



**Figura 13** Scintigrafia ossea dei gomiti di un cane displasia del gomito sn, che mostra un'aumentata captazione del radiofarmaco a livello dell'articolazione del gomito sn (Cortesia del prof. Giacomo Gnudi).

### 1.3.2 Esame Ecografico

Notoriamente, l'Ecografia è indicata per lo studio della parte dell'apparato muscolo-scheletrico costituita da tessuti molli (tendini,



**Figura 14** Scansione ecografica che mostra i margini irregolari della componente mediale dell'articolazione compatibili con osteofiti (frecche nere) (modificato Cook e Cook, 2009).

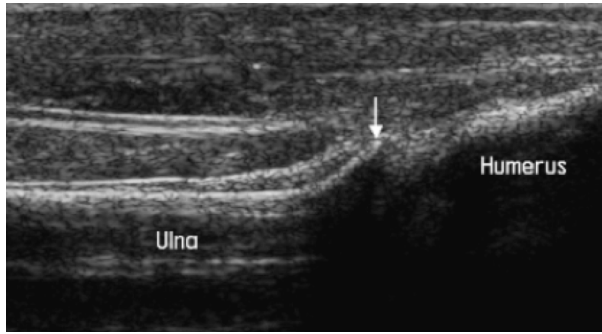
legamenti e muscoli). Meno comunemente, l'ecografia viene utilizzata per lo studio delle ossa e della cartilagine articolare. La visualizzazione dell'osso e della cartilagine è limitata dall'incapacità di penetrazione in profondità

degli ultrasuoni, a causa dell'elevata impedenza acustica del tessuto osseo, e, quindi, dall'impossibilità di ottenere informazioni sulla sua architettura interna. Tuttavia, considerando che l'interfaccia dell'osso normale appare come una linea iperecogena liscia e regolare con ombra acustica distale (Samii e Long, 2002) è possibile riconoscere una condizione patologica quando tale aspetto appare modificato. La presenza di osteofiti o di aree di lisi subperiostale appaiono come irregolarità dell'interfaccia del tessuto osseo (Figura 14); fratture o fisi

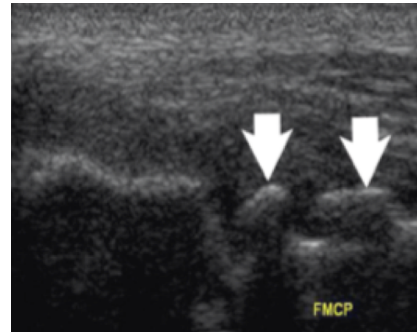


aperte si presentano come delle discontinuità della linea iperecogena del profilo osseo normale. Ecograficamente, le alterazioni osteofitiche sono visibili ben prima che diventino evidenti all'esame radiografico. Per questo, l'esame ecografico può fornire informazioni aggiuntive in caso di displasia del gomito. Tuttavia affinché si possano ottenere risultati soddisfacenti, si richiede una notevole esperienza dell'operatore e una standardizzazione nell'esecuzione dell'esame stesso (IEWG, 2012).

Il processo coronoideo mediale è posto al disotto del legamento collaterale mediale e del tendine del bicipite, tenendo il gomito flesso circa a 90°, può essere visualizzato con scansioni longitudinali, oblique e trasversali, presentandosi come un processo angolare sulla faccia mediale dell'ulna (Figura 15). In caso di frammentazione la sua superficie si presenterà irregolare con proliferazioni osteofitiche o evidente frammentazione (Figura 16).

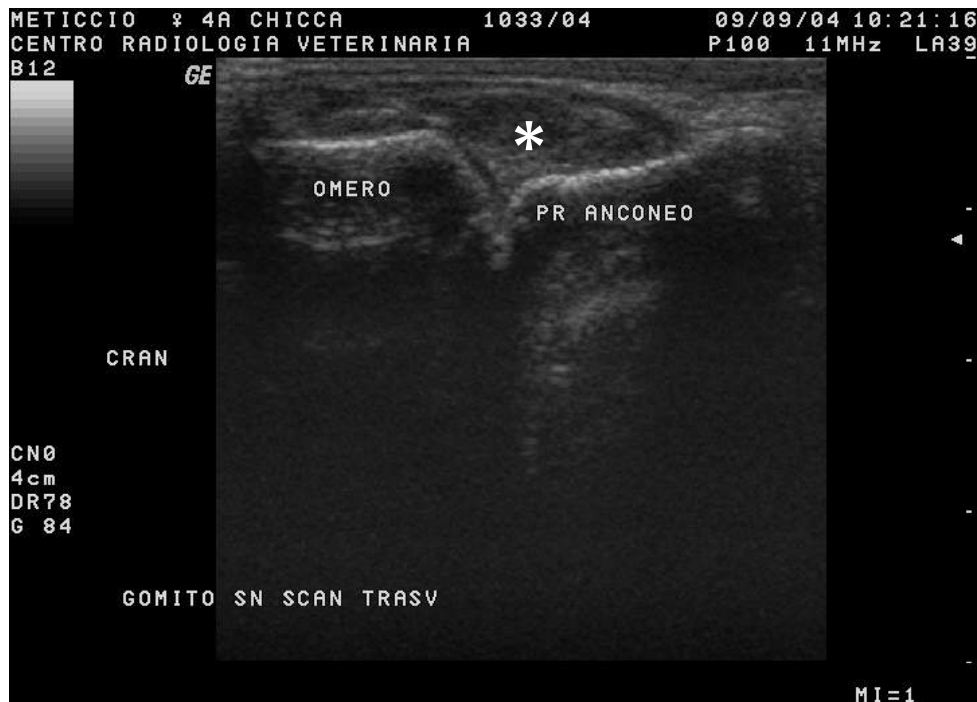


**Figura 15** Scansione longitudinale del processo coronoideo mediale dell'ulna in un gomito normale (freccia). (Modificato da Lamb e Wong, 2005).



**Figura 16** Processo coronoideo mediale frammentato (freccie) (Modificato da Cook e Cook 2009).

L'ecografia ci consente anche di esaminare il processo anconeale, il suo studio deve essere eseguito sia sul piano sagittale che su quello trasversale. Nel primo caso, il trasduttore va posizionato sul margine più laterale dell'olecrano, spostandosi medialmente attraverso il processo anconeale fino alla cresta mediale dell'omero appena sotto il muscolo tricipite; per effettuare scansioni trasversali la sonda va posizionata tra la sommità dell'olecrano e il condilo omerale (Figura 17). L'UAP può essere diagnosticata osservando un'irregolarità o un'interruzione del margine corticale dorsale del processo anconeale (Kramer et al., 1997; Knox et al., 2003).



**Figura 17** Immagine ecografica del processo anconeo in scansione longitudinale, dove è possibile osservare anche una lieve ectasia della capsula (asterisco).

L'OCD è difficile da diagnosticare o da studiare ecograficamente in quanto le lesioni sono intra-articolari e, perciò, oscurate dalla sovrastante superficie dell'osso corticale e il relativo cono d'ombra distale. Per gli stessi motivi anche la valutazione dell'incongruenza articolare risulta impossibile (Cook e Cook, 2009).

L'esame ecografico, quindi, non ci offre una valutazione completa di tutta l'articolazione e resta di scarsa utilità nella diagnosi di certezza anche in caso di FMCP e UAP, in quanto la visualizzazione del frammento è strettamente correlata alle dimensioni del frammento stesso e alla possibilità o meno degli ultrasuoni di attraversare la linea di frammentazione (Lamb e Wong, 2005).

### ***1.3.3 Risonanza Magnetica***

In Medicina Umana, la Risonanza Magnetica (RM) rappresenta la tecnica di Imaging d'elezione per lo studio dei tessuti molli e delle cartilagini sia del gomito sia delle articolazioni in genere. In Medicina Veterinaria invece essa non è ancora così diffusa a causa dei notevoli costi delle attrezzature. Inoltre, la maggior parte delle apparecchiature disponibili in Veterinaria sono di tipo aperto a basso campo, pertanto, con bassa risoluzione spaziale e tempi di esecuzione lunghi, che prolungano così i tempi dell'anestesia.

La RM pur non essendo particolarmente indicata per lo studio del tessuto osseo, confrontata alla Radiografia e alla TC, è più sensibile alle modificazioni del midollo osseo (Janach et al., 2006; Snaps et al., 1998). Altro vantaggio della RM, rispetto all'esame radiografico e alla TC, è la capacità di visualizzare la cartilagine, consentendo l'identificazione di erosioni o frammentazioni.

Fra i vantaggi di questa tecnica vanno annoverati anche la mancata esposizione del paziente a radiazioni ionizzanti, e la possibilità di ottenere immagini tomografiche, orientate secondo piani selezionabili a scelta dell'operatore, senza dover modificare la posizione del paziente.



**Figura 18** RM del gomito di un cane, scansione trasversale pesata in T1: R, radio; C, processo coronoideo mediale (Modificato da Cook e Cook, 2007).

Oltre alla RM convenzionale si può eseguire l'artrografia in Risonanza (RMA) mediante l'uso di gadolinio che, secondo alcuni autori, renderebbe più agevole la diagnosi di FMCP (Snaps et al., 1999).

Tuttavia, gli elevati costi e la minore risoluzione spaziale, considerate le dimensioni relativamente ridotte e sottili delle superfici cartilaginee articolari dell'omero, del radio e dell'ulna nel cane, rappresentano dei limiti

tali da rendere la RM non utilizzabile come esame di routine nello studio del gomito del cane (Figura 18).

### 1.3.4 Esame Radiografico

In Medicina Veterinaria la Radiografia è ancora considerata la tecnica standard per la diagnosi e classificazione della displasia del gomito del cane. Il protocollo radiografico di screening suggerito dall'IEWG prevede la ripresa del gomito con tecnica diretta, senza l'uso della griglia antidiffusione, e lo studio di entrambi i gomiti, poiché questa patologia è spesso bilaterale. Le proiezioni raccomandate sono: la medio-laterale



**Figura 19** Esame radiografico del gomito: 1) proiezione ML neutra; 2) proiezione ML in flessione; 3) proiezione cranio-caudale; 4) proiezione obliqua 15° cranio-laterale caudo-mediale.

standard o neutra, la medio-laterale flessa, la cranio-caudale. Nei casi in cui le proiezioni medio-laterale e cranio-caudale non dimostrino la frammentazione del processo coronoideo mediale, è utile eseguire la proiezione obliqua 15° cranio-laterale caudo-mediale (Figura 19) (Wosar et al., 1999). Secondo alcuni autori, tale proiezione è la più sensibile per



l'evidenziazione della frammentazione del processo (Miyabayashi et al., 1995). Comunque, come per altri distretti anatomici, la dimostrazione radiografica della linea di frammentazione dipende dalla disposizione della linea stessa rispetto al fascio dei raggi X. Pertanto, sono state descritte molte proiezione "speciali", tutte allo scopo di migliorare lo studio del comparto mediale del gomito riducendo la sovrapposizione delle diverse strutture che compongono l'articolazione. Tra queste ricordiamo l'*obliqua disto-mediale prossimo-laterale* che, a detta dei proponenti, sarebbe più affidabile per la diagnosi di FMCP (Haudiquet et al., 2001). Tuttavia, i limiti insiti nella tecnica radiografica, planarità dell'immagine e sovrapposizione delle strutture anatomiche, spesso, non permettono di visualizzare la frammentazione nonostante il ricorso alle suddette proiezioni aggiuntive.

In processo coronoideo mediale (MCP) viene identificato come una struttura a becco, appuntita che si articola con la troclea omerale. Distalmente, dalla punta del MCP, la superficie craniale del processo e del tratto prossimale dell'ulna normalmente presenta un profilo concavo e poco profondo. La mancanza della punta a becco o la presenza di una forma convessa o appiattita a livello del margine craniale del MCP è uno

dei segni radiografici ritenuto fortemente indicativo di FMCP (Cook e Cook, 2009).

In molti casi, radiograficamente, possiamo effettuare soltanto una diagnosi presuntiva di FMCP per la presenza di lesioni secondarie come osteofiti periarticolari, in particolare sul comparto articolare mediale (Carpenter et al., 1993, Burton et al., 2007).

Diversamente in caso di UAP e/o OCD attraverso l'immagine radiografica possiamo evidenziare direttamente la lesione primaria.

La mancata unione del processo anconeale si osserva come una linea radiotrasparente, irregolare, di ampiezza variabile, che separa il processo anconeale dall'ulna. L'UAP viene meglio diagnosticata nella proiezione medio-laterale in flessione, in quanto si evita la sovrapposizione dell'epitroclea omerale con il processo stesso (Figura 19). Nei cani di taglia grande e gigante è stata dimostrata la presenza di un nucleo di ossificazione accessorio per il processo anconeale che risulta radiograficamente visibile fino alle 20-22 settimane di età (Boulay, 1998; Wisner e Pollard, 2007), per cui non è possibile formulare diagnosi di UAP prima di tale periodo.

L'OC si localizza quasi esclusivamente sulla superficie mediale del condilo omerale e appare come una radiotrasparenza, un'irregolarità, un appiattimento, o un difetto dei profili articolari del condilo omerale stesso. Spesso è associata sclerosi dell'osso subcondrale in corrispondenza del difetto articolare. Tali lesioni possono essere identificate nella proiezione medio-laterale, neutra o flessa, ma, più spesso, sono ben visibili nella cranio-caudale o nell'obliqua 15° craniolaterale-caudomediale (Voorhout e Hazewinkel, 1987; Boulay, 1998; Hornof et al., 2000; Reichle et al., 2000; Wisner e Pollard, 2007).

La diagnosi radiografica di incongruenza articolare da radio o ulna corta è difficile, nonostante siano stati effettuati diversi studi, sia in vivo che in vitro, per stabilirne i criteri di valutazione radiografica (Murphy et al., 1998; Mason et al., 2002; Holsworth et al., 2005; Samoy et al., 2006; Wagner et al., 2007). Secondo alcuni autori, l'esame radiografico sarebbe in grado di dimostrare l'incongruenza quando questa superi i 2 mm di differenza tra radio e ulna, indipendentemente dal posizionamento e dall'angolazione del fascio dei raggi X (Blond et al., 2005). Molti altri autori, invece, ritengono che l'esame radiografico sia poco sensibile e poco accurato nella dimostrazione dell'incongruenza articolare a causa della

complessità anatomica del gomito riportata in immagini planari, la cui valutazione può risultare poco attendibile, se non ingannevole sia per la sovrapposizione di numerose strutture sia per l'influenza del posizionamento che può falsare la visualizzazione in alcuni elementi dell'articolazione come ad esempio l'incisura semilunare (Murphy et al., 1998; Mason et al., 2002) .

In conclusione, i risultati che uno studio radiografico del gomito può fornirci spesso non ci mettono nelle condizioni di poter formulare una diagnosi definitiva, ciò a causa dei limiti tecnici inerenti la metodica.

Nonostante tutto, l'esame radiografico resta clinicamente utile per la diagnosi delle patologie del gomito, in quanto presenta molteplici vantaggi: gli apparecchi radiografici sono capillarmente diffusi sul territorio; l'indagine è quasi sempre effettuata solo con una sedazione; è una tecnica economica di semplice e veloce esecuzione. Pertanto, la Radiografia deve essere considerata l'indagine di primo livello nell'algoritmo diagnostico della displasia di gomito nel cane che, nei casi in cui non fornisca una diagnosi di certezza, deve essere necessariamente associata ad altre metodiche di Imaging di secondo livello, in particolare la TC.

### ***1.3.5 Tomografia Computerizzata***

In letteratura Veterinaria esistono molteplici lavori nei quali la TC è stata impiegata per lo studio del gomito del cane (Reichle et al., 2000; Rovesti et al., 2002; De Rycke LM et al., 2002; Gemmill et al., 2005; Holsworth et al., 2005; Gemmill et al., 2006; Kramer et al., 2006; Wagner K et al., 2007; Moores et al., 2008; Cook e Cook, 2009; Groth et al., 2009; Samoy et al., 2012; Alves-Pimenta et al., 2016). La TC risolve il problema della sovrapposizione, che rappresenta uno dei principali svantaggi dell'esame radiografico, e permette un'ottima definizione morfologica dei capi articolari.

Inoltre, grazie alla natura tomografica e digitale delle immagini TC, è possibile effettuare ricostruzioni planari o tridimensionali, che forniscono ulteriori informazioni sui rapporti anatomici e sulla portata delle modificazioni articolari (Cook e Cook, 2009).

I principali svantaggi della TC sono rappresentati dalla narcosi, dal costo elevato, rispetto all'esame radiografico, e dalla maggiore esposizione alle radiazioni ionizzanti.

Attualmente, la TC è considerata tra le tecniche più sensibili ed accurate per lo studio del processo coronoideo mediale, perché permette di

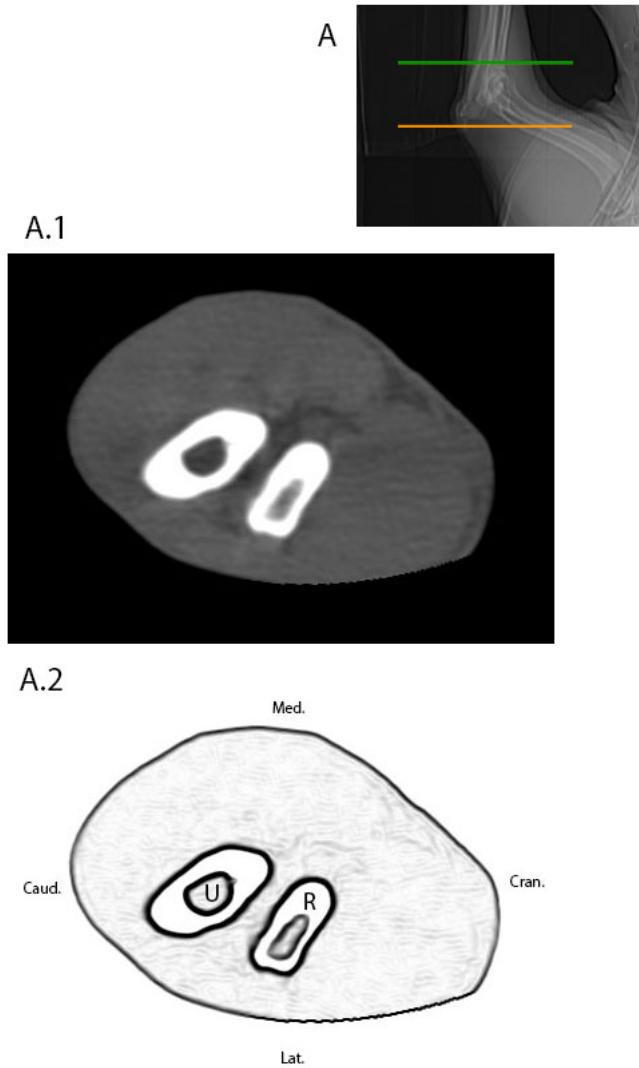
individuare anomalie di forma, sclerosi, osteofitosi, fessure, frammenti (Groth et al., 2009; Samoy et al., 2012).

Inoltre, la TC rappresenta la tecnica più sensibile anche per la valutazione dell'incongruenza articolare in quanto, a differenza dell'esame radiografico, è solo minimamente influenzata dalla posizione del gomito (Murphy et al., 1998; Wagner et al., 2007) e, grazie alle ricostruzioni planari sagittali e dorsali consente una più precisa valutazione dell'incongruenza omero-radio-ulnare (Reichle et al., 2000; Gemmill et al., 2005; Gemmill et al., 2006).

Come già detto in precedenza, dato che l'UAP e l'OCD sono facilmente diagnosticabili radiograficamente, non vi sono molti studi incentrati sulla diagnosi di tali affezioni con l'esame TC.

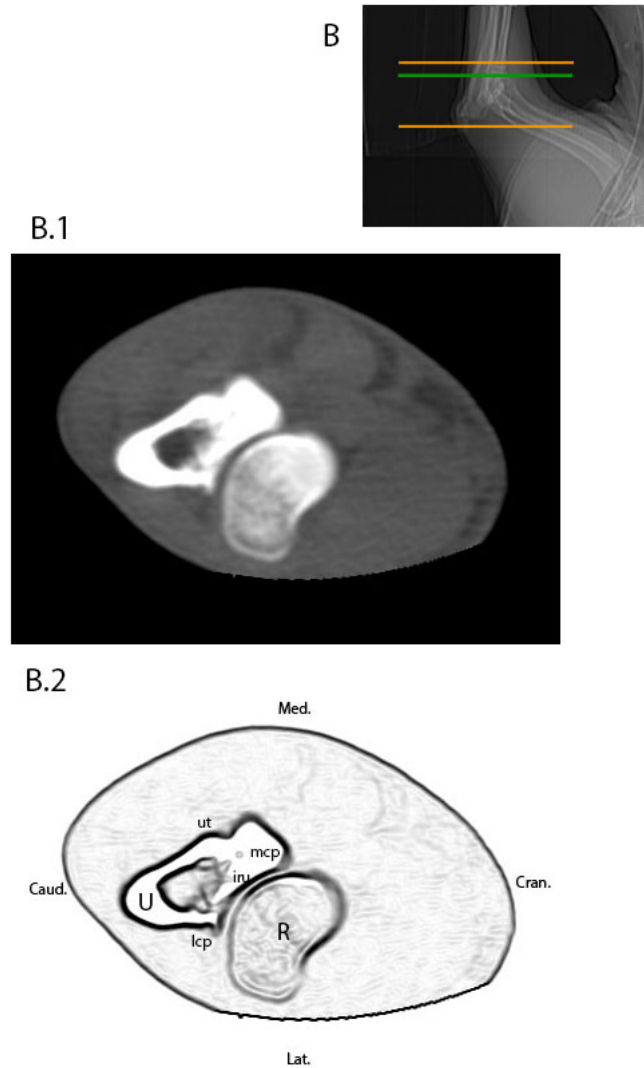
#### **1.4 Anatomia TC del gomito**

Prima di descrivere le modificazioni che si verificano in un gomito affetto da displasia, riteniamo necessario descrivere gli aspetti TC del gomito normale. Di seguito viene riportato lo studio TC del gomito destro normale di un meticcio di taglia media (mix Setter inglese), di 7 mesi affetto da FMCP al gomito sinistro. Per visualizzare l'aspetto tomografico di tutte gli elementi articolari, vengono mostrati 9 piani di scansione assiali, portati a diverse altezze, in senso disto-proximale (Figure da 20 a 29), e due ricostruzioni planari, la sagittale e la dorsale (Figure 30 e 31).

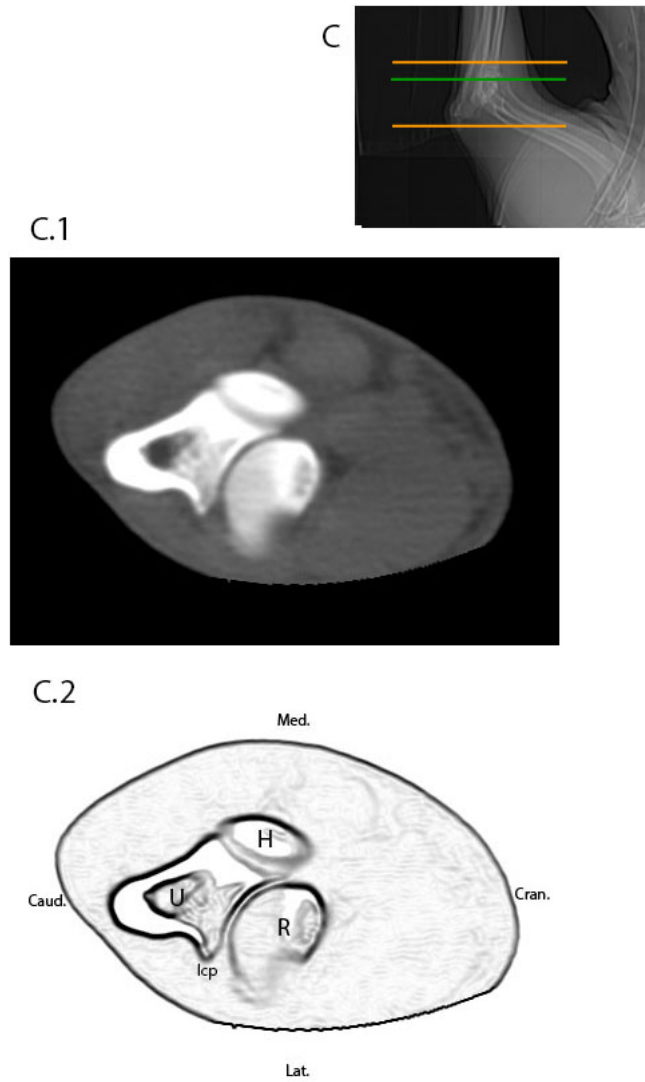


**Figura 20** - TC del gomito dx di un meticcio taglia media. A - livello della scansione. A.1 - aspetto TC. A.2 Rappresentazione schematica della scansione e legenda: U: Ulna (*Ulna*); R: Radio (*Radius*).

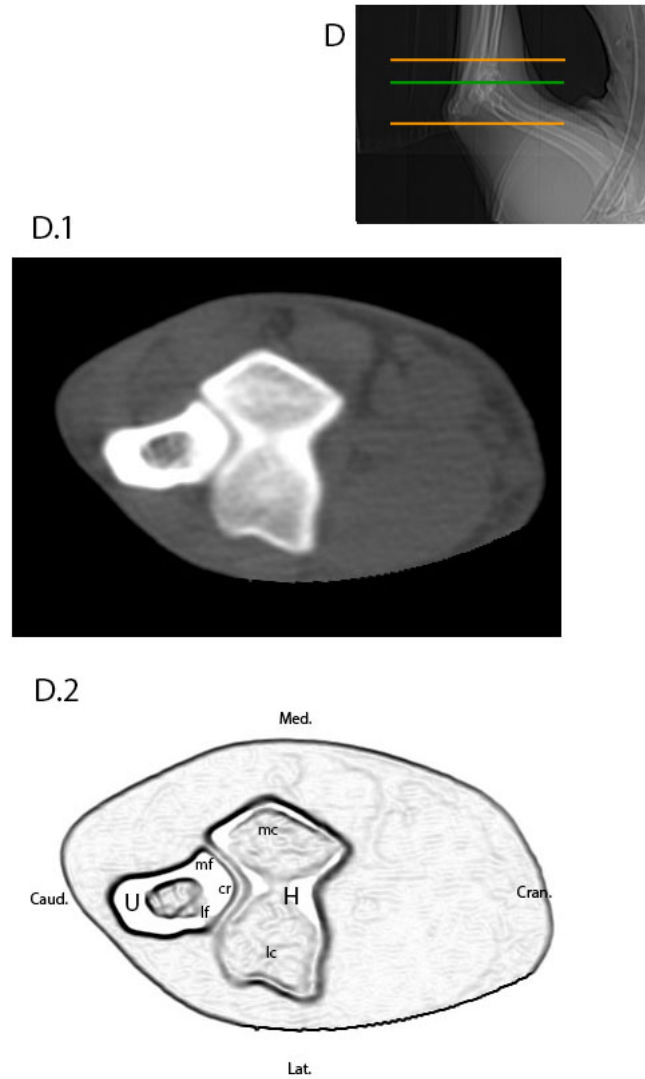




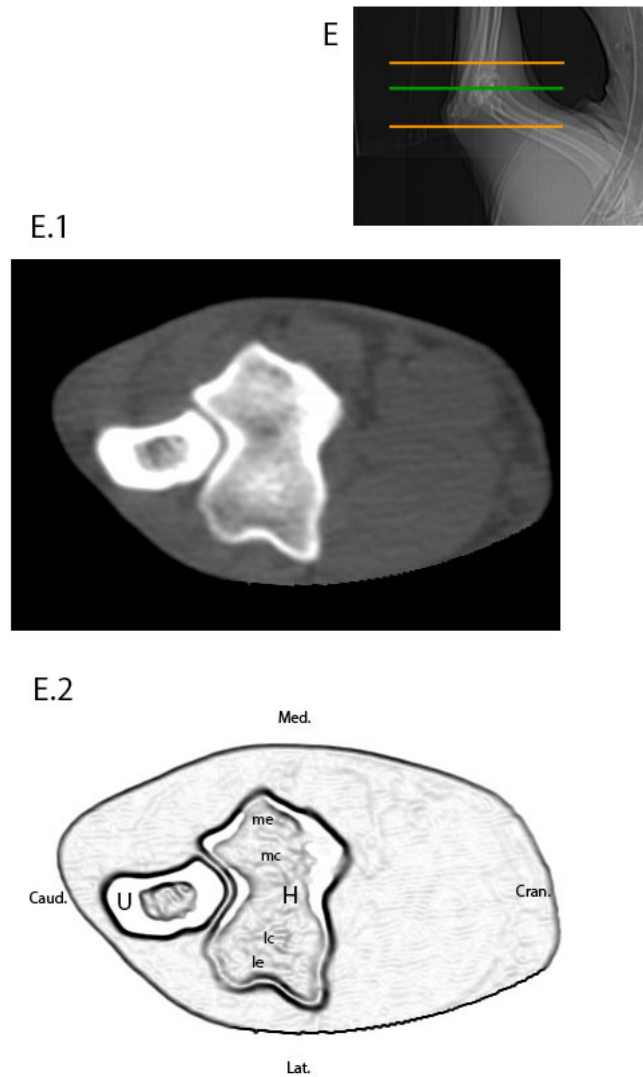
**Figura 21** - TC del gomito dx di un meticcio taglia media. B - Livello di scansione; B.1 - Aspetto TC. B.2 - Rappresentazione schematica della scansione e legenda: U = Ulna (*Ulna*); ut= tuberosità ulnare (*tuber ulnae*); mcp: processo coronoideo mediale (*processus coronoideus medialis*); lcp: processo coronoideo laterale (*processus coronoideus lateralis*); iru: incirura radiale dell'ulna (*incisura radialis ulnae*); R: Radio (*Radius*).



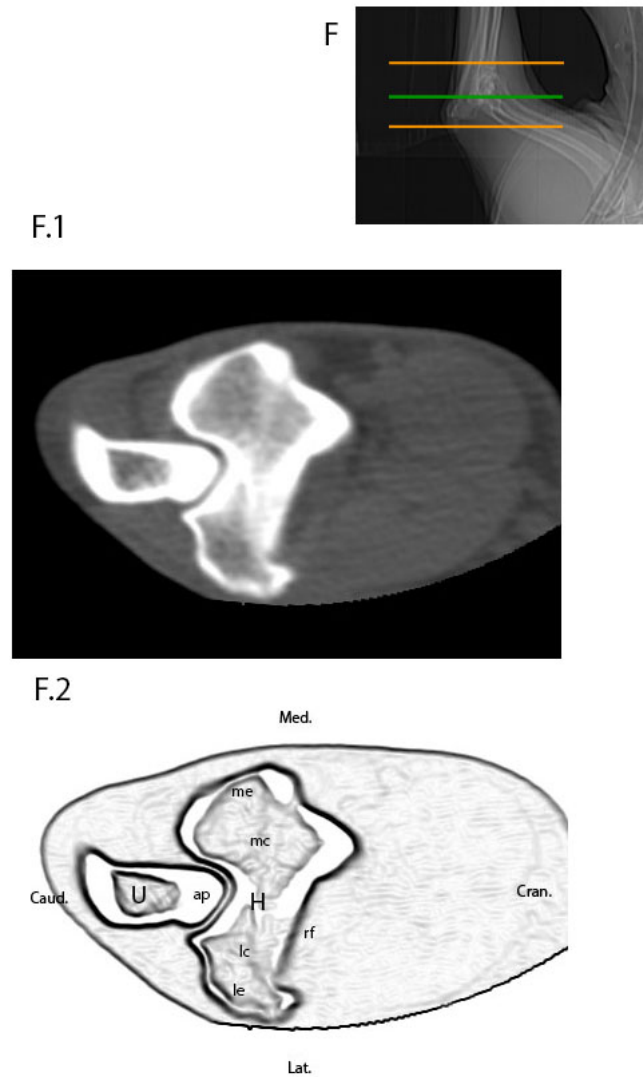
**Figura 22** - TC del gomito dx di un meticcio taglia media. C - Livello di scansione. C.1 - Aspetto TC. C.2 - Rappresentazione schematica della scansione e legenda: U = Ulna (*Ulna*); lcp: processo coronoideo laterale (*processus coronoideus lateralis*); R: Radio (*Radius*); H: Omero (*humerus*).



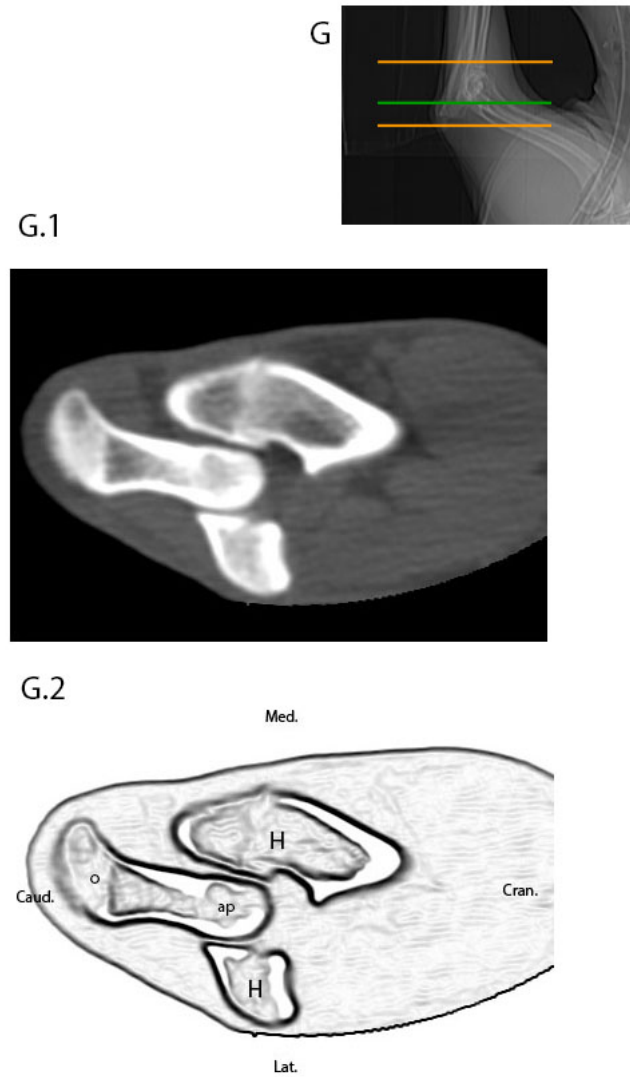
**Figura 23** – TC del gomito dx di un meticcio taglia media. D - Livello di scansione. D.1 - Aspetto TC. D.2 - Rappresentazione schematica della scansione e legenda: U = Ulna (*Ulna*); mf: rima mediale; cr: cresta craniale; lf: rima laterale; R: Radio (*Radius*); mc: porzione mediale del condilo omerale; lc: porzione laterale del condilo omerale; H: Omero (*humerus*).



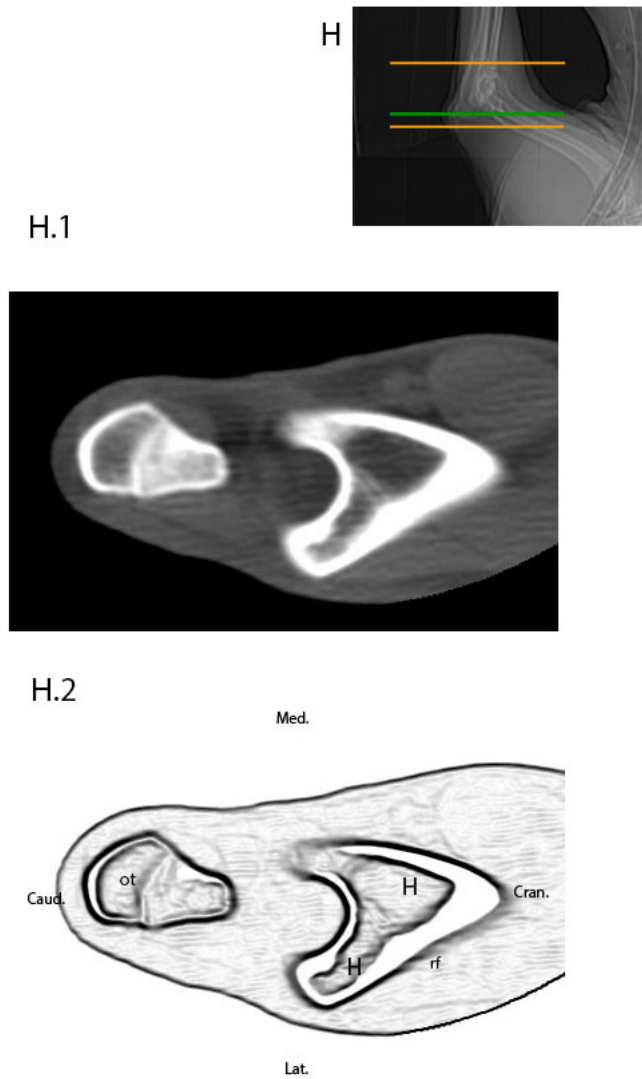
**Figura 24** - TC del gomito dx di un meticcio taglia media. E - Livello di scansione. E.1 - Aspetto TC. E.2 - Rappresentazione schematica della scansione e legenda: U = Ulna (*Ulna*); me: epicondilo mediale; mc: porzione mediale del condilo omerale; lc: porzione laterale del condilo omerale; le: epicondilo laterale H: Omero (*humerus*).



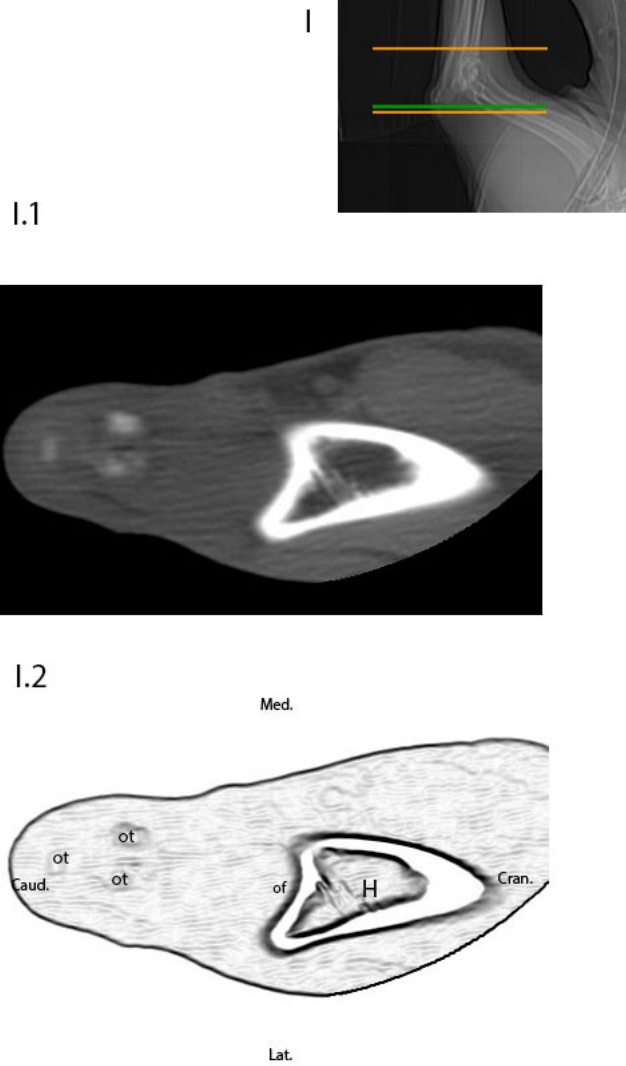
**Figura 25** - TC del gomito dx di un meticcio taglia media. F - Livello di scansione. F.1 – Aspetto TC. F.2 - Rappresentazione schematica della scansione e legenda: U = Ulna (Ulna); ap: processo anconeus dell'ulna (*processus anconeus*); me: epicondilo mediale; mc: porzione mediale del condilo omerale; lc: porzione laterale del condilo omerale; le: epicondilo laterale; H: Omero (*humerus*).



**Figura 26** - TC del gomito dx di un meticcio taglia media. G - Livello di scansione. G.1 - Aspetto TC. G.2 - Rappresentazione schematica della scansione e legenda: o: olecrano (*olecranon*); ap: processo anconeo dell'ulna (*processus anconeus*); H: Omero (*humerus*).

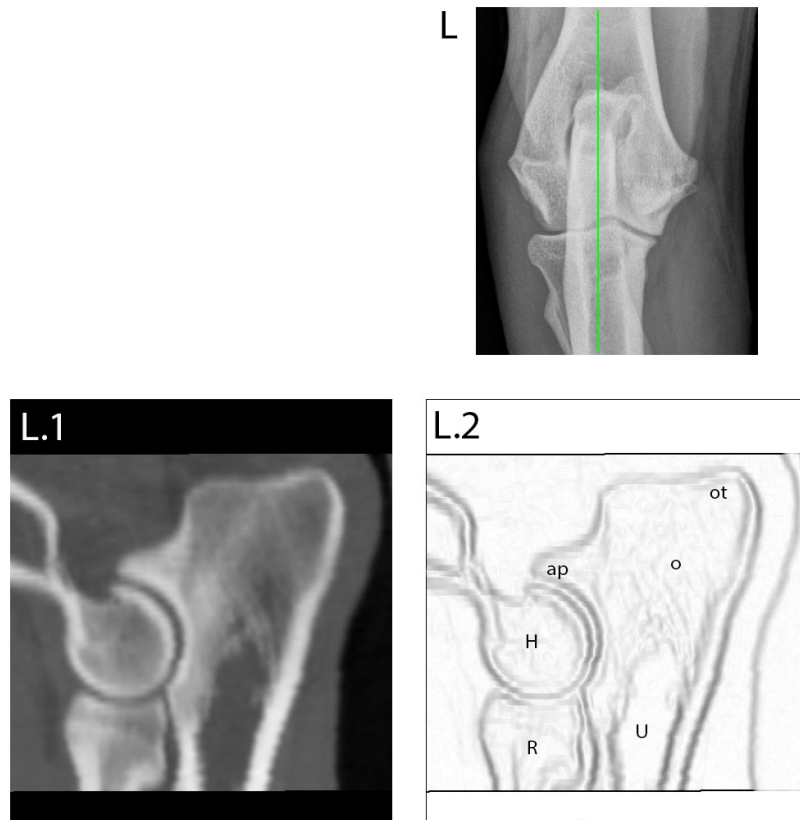


**Figura 27** - TC del gomito dx di un meticcio taglia media. H - Livello di scansione. H.1 - Aspetto TC. H.2 - Rappresentazione schematica della scansione e legenda: ot: tuberosità olecranica (*tuber olecrani*); rf: H: Omero (*humerus*).

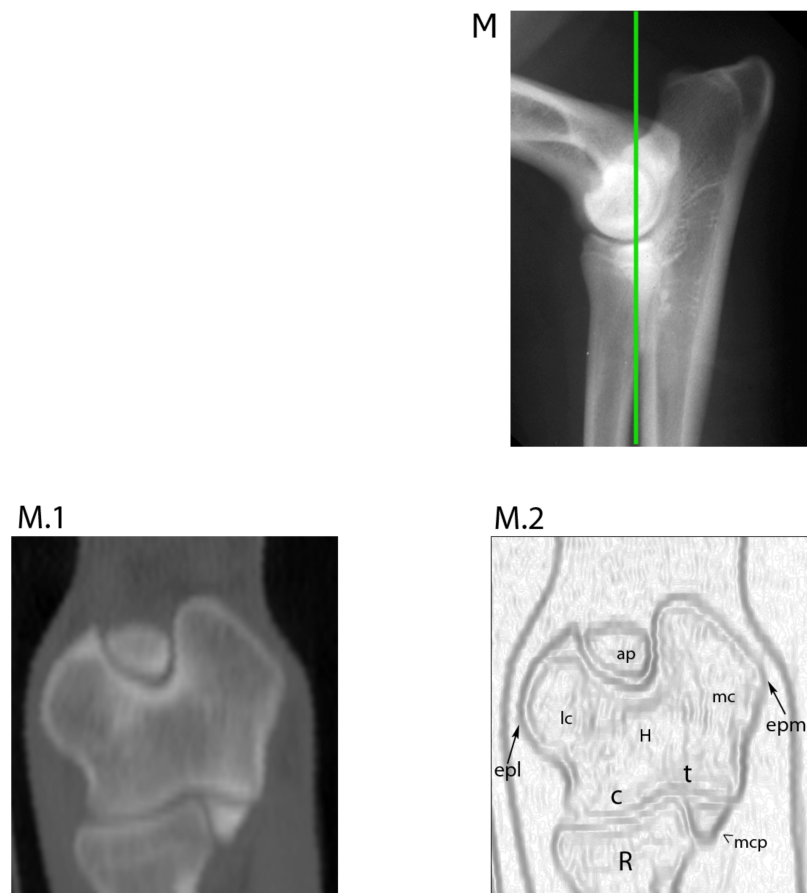


**Figura 28** - TC del gomito dx di un meticcio taglia media. I - Livello di scansione. I.1 - Aspetto TC. I.2 - Rappresentazione schematica della scansione e legenda: ot: tuberosità olecranica (*tuber olecrani*); of: fossa olecranica (*fossa olecrani*); H: Omero (*humerus*).





**Figura 29** - Ricostruzioni multiplanari (MPR). L – Piano della ricostruzione sagittale. L.1 – Ricostruzione MPR sagittale. L.2 - Rappresentazione schematica di L.1. Legenda: o: olecrano (*olecranon*); ot: tuberosità olecranica (*tuber olecrani*); ap: processo anconeale dell'ulna (*processus anconeus*); R: Radio (*Radius*); H: Omero (*humerus*).



**Figura 30** - Ricostruzioni multiplanari (MPR). M – Piano della ricostruzione dorsale. M.1 – Ricostruzione MPR dorsale. M.2 – Rappresentazione schematica di M.1. Legenda: o: olecrano (*olecranon*); ot: tuberosità olecranica (*tuber olecrani*); ap: processo anconeale dell'ulna (*processus anconeus*); R: Radio (*Radius*); H: Omero (*humerus*); mcp: processo coronoideo mediale (*processus coronoideus medialis*); c: capitello omerale; t: troclea omerale; mc: porzione mediale del condilo omerale; lc: porzione laterale del condilo omerale; epl: epicondilo laterale; epc: epicondilo mediale.

## 1.5 Bibliografia

Alves-Pimenta S, Ginja MM, Fernandes AM, Ferreira AJ, Melo-Pinto P, Colaco B. Computed tomography and radiographic assessment of congruity between the ulnar trochlear notch and humeral trochlea in large breed dogs. *Vet Comp Orthop Traumatol*, Nov 16, 2016.

Anonymous. Elbow group recommends protocol. *JAVMA* 205:1376-1377, 1994. Anonymous. Canine elbow arthrosis registries encouraged. *JAVMA* 197:1269, 1990.

Barone R. Anatomia comparata degli animali domestici vol. Osteologia; edizione 3. editore: Edagricole-New Business Media; ean: 9788850614523 pp 402-448, 2004.

Berry CR, Daniel GB. Radiation safety, personnel radiation monitoring, and licensing issues, in Daniel GB, Berry CR (eds): *Textbook of Veterinary Nuclear Medicine* (ed 2). Raleigh, NC, American College of Veterinary Radiology, 121–128, 2006.

Bienz HA. Klinische und radiologisch Untersuchungen über den fragmentierten Processus coronoideus medialis im Ellbogengelenk des

Berner Sennenhundes und der anderen sennenhunde-rassen. Inaugural-Dissertation Zurich , 1985.

Blond L, Dupuis J, Beauregard G, et al: Sensitivity and specificity of radiographic detection of canine elbow incongruence in an in vitro model. *Vet Radiol Ultrasound* 46:210–216, 2005.

Boulay JP: Fragmented medial coronoid process of the ulna in the dog. *Vet Clin N Am* 28:51–74, 1998.

Braden TD, Stickle RL, Dejardin LM, Mostosky UV. The use of computed tomography in fragmented coronoid disease: A case report. *Vet Comp Orthop Traumatol*, 7: 40-44, 1994.

Breit S, Kunzel W. Osteological features in purebred dogs predisposing to cervical spinal cord compression. *J Anat* 199: 527–537, 2001.

Burton N. J., Comerford E. J., Bailey M., Pead M. J. and Owen M. R. (2007). Digital analysis of ulnar trochlear notch sclerosis in Labrador retrievers. *Journal of Small Animal Practice* 48, 220-224

Carlson WD e Severin GA. Elbow dysplasia in the dog: A preliminary report. *JAVMA* 138:295-301, 1961.

Carpenter LG, Schwarz PD, Lowry JE, et al: Comparison of radiologic imaging techniques for diagnosis of fragmented medial coronoid process of the cubital joint in dogs. *J Am Vet Med Assoc* 203:78–83, 1993.

Cawlaey AJ e Archibald J. Ununited anconeal process of the dog. *JAVMA* 134:454-458, 1959.

Clements, D.N., 2006. Gene expression in normal and diseased elbows. In: *Proceedings of the Autumn Meeting of the British Veterinary Orthopaedic Association*, Chester, UK, pp. 6–7.

Constantinescu GM, Constantinescu IA. A Clinically Oriented Comprehensive Pictorial Review of Canine Elbow Anatomy. *Veterinary Surgery* 38:135–143, 2009.

Cook CR e Cook JL. Diagnostic Imaging of canine Elbow Dysplasia: a review. *Veterinary Surgery*, 2009 38:144–153.

Corley EA and Carlson WD (1965) Radiographic, genetic and pathologic aspects of elbow dysplasia. *Journal of the American Veterinary Medical Association* 147: 1651

De Rycke LM, Gielen IM, van Bree H, et al: Computed tomography of the elbow joint in clinically normal dogs. *Am J Vet Res* 63:1400–1407, 2002 .

Evans HE e de Lahunta A.: *Miller's Anatomy of the Dog*. Elsevier Saunders Ed., 4° edizione 2013, pagg. 129 - 136.

Gemmill TJ, Hammond G, Mellor D, Sullivan M, Bennet T, Carmichael S. Use of reconstructed computed tomography for the assessment of joint spaces in the canine elbow. *J Small Anim Pract* 47:66–74, 2006 .

Gemmill, T.J., Mellor, D.J., Clements, D.N., Clarke, S.P., Farrell, M., Bennett, D., Carmichael, S., 2005. Evaluation of elbow incongruity using reconstructed CT in dogs suffering fragmented coronoid process. *Journal of Small Animal Practice* 46, 327–333

Grondalen J e Grondalen T. Arthrosis in the elbow joint of young rapidly growing dogs. V. A pathoanatomical investigation. *Nordisk Veterinaermedicin* 33, 1-16, 1981.

Grondalen J, Lingaas F 1991 Arthrosis in the elbow joint of young rapidly growing dogs: a genetic investigation. *Journal of Small Animal Practice* 32: 460–464.

Grondalen J., 1982 Arthrosis in the elbow joint of young rapidly growing dogs. VII. Occurrence in the Rottweiler breed. Nord Vet Med.; 34(3):76-82.

Groth AM, Benigni L, Moores AP, Lamb CR: Spectrum of computed tomographic findings in 58 canine elbows with fragmentation of the medial coronoid process. J Small An Pract, 50: 15-22, 2009.

Guthrie S, Pidduck H G 1990 Heritability of elbow osteochondrosis within a closed population of dogs. *Journal of Small Animal Practice* 31: 93–96.

Guthrie S. Use of a radiographic scoring technique for the assessment of dogs with elbow osteochondrosis. *Journal of Small Animal Practice* 30, 639-644, 1989.

Hanson KM. Noise and contrast discrimination in computed tomography in Newton TH and Potts DG: Radiology of the Skull and Brain. Vol. 5: Technical Aspects of Computed Tomography, , C. V. Mosby, St. Louis,; 3941-3955, 1981.

Haudiquet PR, Marcellin-Little DJ, Stebbins ME: Use of the distomedial–proximolateral oblique radiographic view of the elbow joint for

examination of the medial coronoid process in dogs. Am J Vet Res 63:1000–1005, 2002 .

Hazewinkel HAW e Ubbikk GJ. Elbow dysplasia in the Dutch Bernese mountain dog population. International Elbow Working Group Proceedings. Orlando USA. p 23, 1999.

Holsworth IG, Wisner ER, Scherrer WE, et al: Accuracy of computed tomographic evaluation of canine radio-ulnar incongruence in vitro. Vet Surg 34:108–113, 2005.

Hornof WJ, Wind AP, Wallack ST, et al: Canine elbow dys- plasia: the early radiographic detection of fragmentation of the coronoid process. Vet Clin N Am 30:257–266, 2000.

Hornof WJ, Wind AP, Wallack ST, et al: Canine elbow dys- plasia: the early radiographic detection of fragmentation of the coronoid process. Vet Clin N Am 30:257–266, 2000

International Elbow Working Group, IEWG proceeding, 2012.

Janach KJ, Breit SM, Ku" nzel WW: Assessment of the geometry of the cubital (elbow) joint of dogs by use of magnetic resonance imaging.



Am J Vet Res 67:211–218, 2006

Kirberger RM et al. Elbow dysplasia in the dog pathophysiology, diagnosis and control. J S Afr Vet Ssoc 69:43-45, 1998.

Knox VW, Sehgal CM, Wood AKW: Correlation of ultrasonographic observations with anatomic features and radiography of the elbow joint in dogs. Am J Vet Res 64:721–726, 2003.

Kramer A, Holsworthy IG, Wisner ER, Kass PH, Schultz KS. Computed tomographic evaluation of canine radioulnar incongruence in vivo. Veterinary Surgery 35, 24–29, 2006

Kramer M, Gerwing M, Hach V, Schimke E. Sonography of the musculoskeletal system in dogs and cats. Vet Radiol Ultrasound 38:139–149, 1997.

Lamb CR, Wong k. Ultrasonographic anatomy of the canine elbow Veterinary Radiology & Ultrasound, Vol. 46, No. 4, pp 319–325, 2005.

Lewis DG. Cervical spondylomyelopathy (wobbler syndrome) in the dog: a study on 224 cases. J Small Anim Pract; 30: 657-655, 1989.

Loeffler K. Der isolierte Processus anconaeus beim Deutschen

- Schaferhund. Dtsc tieraztl Wschr 70:317-321, 1963.
- Loeffler K. Gelenkanomalien als Problem in der Hundezucht. Dtsc tieraztl Wschr 71:291-297, 1964.
- Macpherson GC et al. Fragmented coronoid process associates with premature distal radial physial closure in four dogs. Vet Comp Orthop Traumatol 5:93-9, 1994.
- Martini FM. Patologie articolari nel cane e nel gatto. Ed. Polito pp: 133-153, 2006.
- Mason DR, Schulz KS, Samii VF, et al: Sensitivity of radiographic evaluation of radio-ulnar incongruence in the dog in vitro. Vet Surg 31:125–132, 2002
- Meyer-Lindenberg A, Fehr M, Nolte I: Co-existence of ununited anconeal process and fragmented medial coronoid process of the ulna in the dog. J Small Anim Pract 47:61–65, 2006
- Miyabayashi T, Takiguchi M, Schrader SC, Biller DS. Radiographic anatomy of the medial coronoid process of dog. Journal of the American Animal Hospital Association 31(2):125-32 react-text: 56,

1995.

Moore AP, Benigni L, Lamb CR: Computed tomography versus arthroscopy for detection of canine elbow dysplasia lesions. *Vet Surg* 37:390–398, 2008.

Morgan JP, Wind A, Davidson AP: Hereditary Bone and Joint diseases in the Dog. Ed. Shlutersche Hannover, 2000, pag. 41-92.

Murphy ST, Lewis DD, Shiroma JT, et al: Effect of radiographic positioning on interpretation of cubital joint congruity in dogs. *Am J Vet Res* 59:1351-1357, 1998.

Murphy ST, Lewis DD, Shiroma JT, Neuwirth LA, Parker RB, Kubilis PS. Effect of radiographic positioning on interpretation of cubital joint congruity in dogs. *Am J Vet Res* 59:1351–1357, 1998.

Nap, RC. Pathophysiology and clinical aspects of canine elbow dysplasia. In: Proceedings of the 7th International Elbow Working Group Meeting, Constance, Germany, pp. 6–8, 1995.

- Olsson S-E. Lameness in the dog. A review of lesions causing osteoarthritis of the shoulder, elbow, hip, stifle and hock joints. In Proc AAHA meet 363-370, 1975.
- Olsson S-E. Osteochondrosis in dog. In: Kirk RW, ed Current veterinary therapy VI Philadelphia, PA. WB Saunders. 881-886, 1977.
- Olsson S-E. Osteochondrosis: a growing problem to dog breeders. Gaines Progress summer 1-11, 1976.
- Olsson SE, Reiland S: The nature of osteochondrosis in animals: summary and conclusions with comparative aspects on osteochondritis dissecans in man. Acta Radiol Suppl 358:299, 1978.
- Olsson SE. En ny typ av armbagsledsdysplasia hos hund? En preliminär rapport. Svensk Vet tidn 26: 152-157, 1974.
- Olsson, SE. The early diagnosis of fragmented coronoid process and osteochondritis dissecans of the canine elbow joint. Journal of the American Animal Hospital Association 19, 616–626, 1983.

Preston CA et al. In vitro experimental study of the effect of radial shortening and ulnar ostectomy on contact patterns in the elbow joint of dogs. *Am J Vet Res*, 62: 1548-56, 2000.

Read R A, Armstrong S J, Black A P, Macpherson J C, Davey T  
Relationship between physical signs of elbow dysplasia and radiographic score in growing rottweilers. *Journal of the American Veterinary Medical Association* 209: 1427–1430, 1996.

Reichle JK, Park RD, Bahr AM: Computed tomographic findings of dogs with cubital joint lameness. *Vet Radiol Ultrasound* 41:125–130, 2000.

Samii VF, Long CD: Musculoskeletal system, in Nyland TG, Mattoon JS (eds): *Small Animal Diagnostic Ultrasound* (ed 2). Philadelphia, PA, Saunders, pp 267–284, 2002.

Samoy Y, Gielen I, Van Caelenberg et al.: Computed Tomographic findings in 32 joints affected with severe elbow incongruity and fragmented medial coronoid process. *Vet Surg* 41: 486-494, 2012.

Samoy Y, Van Ryssen B, Gielen I, et al: Review of the literature: elbow incongruity in the dog. *Vet Comp Orthop Traumatol* 19:1–8, 2006.

Schwarz T, Johnson VS, Voute L, et al: Bone scintigraphy in the investigation of occult lameness in the dog. *J Small Anim Pract* 45:232–237, 2004

Sergelidou E e Dinev D. Prevalence of developmental skeletal abnormalities in the dog in Bulgaria: a 6-year survey. *Bulgarian Journal of Veterinary Medicine*, 2014.

Snaps FR, Park RD, Saunders JH, et al: Magnetic resonance arthrography of the cubital joint in dogs affected with fragmented medial coronoid process. *Am J Vet Res* 60:190– 193, 1999.

Snaps FR, Saunders JH, Park RD, et al: Comparison of spin echo, gradient echo and fat saturation magnetic resonance imaging sequences for imaging the canine elbow. *Vet Radiol Ultrasound* 39:518-523, 1998.

Stiern RA. Ectopic sesamoid bones at the elbow (Patela cubiti) of the dog. *JAVMA* 128:498-501, 1956.

Sturaro E, Ojala M, Mäki K, Bittante G, Carnier P, Pedrani G, Gallo L  
Results from an explorative screening program for elbow dysplasia in some breeds of dogs in Italy *ITAL.J.ANIM.SCI.* VOL. 4, 233-240, 2005.

Van Ryssen B e Van Bree H. (1997) Arthroscopic findings in 100 dogs with elbow lameness. Veterinary Record 140, 360-362

Van Sickle DC. A comparative study of the postnatal elbow development of the greyhound and the german shepherd dog. J Am Vet Med Assoc 147: 1650, 1966.

Voorhout G, Hazewinkel AW: Radiographic evaluation of the canine elbow joint with special reference to the medial humeral condyle and the medial coronoid process. Vet Radiol Ultrasound 28:158–165, 1987

Wagner K, Griffon DJ, Thomas MW, et al: Radiographic, computed tomographic, and arthroscopic evaluation of experimental radio-ulnar incongruence in the dog. Vet Surg 36:691–698, 2007.

Wagner K, Griffon DJ, Thomas MW, et al: Radiographic, computed tomographic, and arthroscopic evaluation of experimental radio-ulnar incongruence in the dog. Vet Surg 36:691–698, 2007.

Wamberg K. Atlas Radiologica, The Medial Book Company; pp 370-376, 1966.

Weis M knochenwachstumsuntersuchungen mittels

floureszenzmikroskopischer, mikroradiographischer und phasenkontrastmikroskopischer Techniken am Ellbogengelenk sowie distal an Radius und Ulna beim jungen Hund. Thesis, Zurich, 1983.

Wind AP. Elbow incongruity and developmental elbow diseases in the dog. Part I. JAAHA 22:711-724, 1986.

Wind AP. Elbow incongruity and developmental elbow diseases in the dog. Part II. JAAHA 22:725-730, 1986.

Wind AP. Etiology and pathogenesis of elbow dysplasia; a Hypothesis. AAHA 57th Ann Meet Proceed, pp 725-725, 1990.

Wisner ER, Pollard RE: Orthopedic diseases of young and growing dogs and cats, in Thrall DE (ed): Textbook of Veterinary Diagnostic Radiology (ed 5). St. Louis, MO, Saunders Elsevier, , pp 268–283, 2007

Wosar MA, Lewis DD, Neuwirth L, Parker RB, Spencer CP, Kubilis PS, Stubbs WP, Murphy ST, Shiroma JT, Stallings JT, Bertrand SG. Radiographic evaluation of elbow joints before and after surgery in dogs with possible fragmented medial coronoid process. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 214, 52-58, 1999.



Ytrehus B, Carlson CS, Ekman S: Etiology and pathogenesis of osteochondrosis. Vet Pathol 44:429, 2007.



## **Capitolo 2**

### Parte Sperimentale



## **2.1 Materiali e metodi**

Lo studio è stato condotto presso il Centro Interdipartimentale di Radiologia Veterinaria dell'Università degli studi di Napoli "Federico II", ed è stato sviluppato in due fasi: un'iniziale analisi retrospettiva degli studi TC del gomito, da gennaio 2005 a dicembre 2011, e da una seconda fase, condotta in maniera prospettica da gennaio 2012 a dicembre 2016, per la messa a punto di un nuovo protocollo per l'esecuzione dell'esame TC dei gomiti.

Di ogni paziente si registrava razza, età, sesso e peso. Tutti gli studi TC sono stati condotti su pazienti in anestesia generale inalatoria.

In tutti i soggetti sono stati esaminati entrambi i gomiti in maniera simultanea.

Da gennaio 2005 a maggio 2009, gli studi sono stati eseguiti usando uno scanner TC di terza generazione (TC Pace®, General Electric), per quelli successivi a tale data, è stato impiegato un apparecchio di tipo spirale monostrato (TC Prospeed - plus®, General Electric).

In 7 pazienti è stato adottato il decubito dorsale, con entrambi gli arti

anteriori estesi cranialmente, paralleli tra loro e addossati al tronco; in 54 pazienti gli studi sono stati eseguiti con un protocollo di studio messo a punto presso il nostro Centro. Questo protocollo prevede che il paziente sia posto in decubito laterale, con gli arti anteriori allineati tra loro ed estesi cranialmente. Negli ultimi 39 cani, in ordine cronologico, al posizionamento laterale con gli arti anteriori iperestesi cranialmente è stato aggiunto un posizionatore sagomato in schiuma di poliuretano (Figura 31). Il posizionatore è stato messo a punto sia per facilitare la simmetria del posizionamento dei gomiti, sia per eliminare il problema dell'aria residua tra il collo e gli arti anteriori, possibile origine di artefatti.

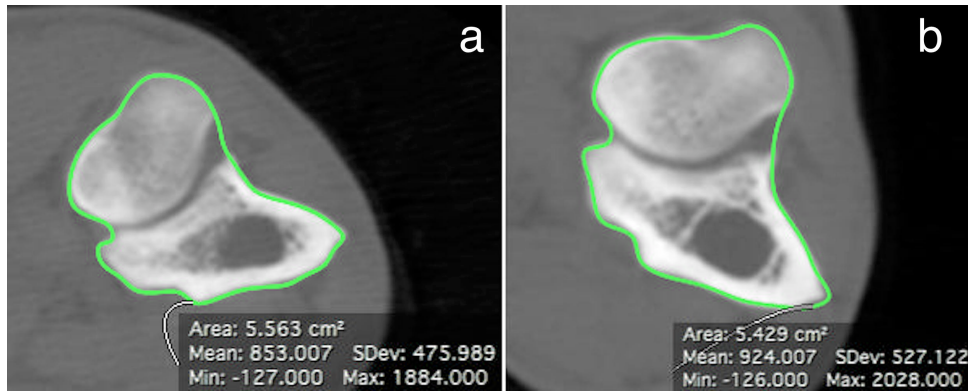


**Figura 31** Posizionamento decubito laterale con supporto ancillare "home made": sequenza foto fasi posizionamento

La scelta del lato del decubito variava in funzione della localizzazione della patologia: nei casi monolaterali, il gomito patologico era posizionato

in alto, in modo da trovarsi quanto più vicino possibile all'isocentro, dove la ricostruzione dell'immagine è meno affetta da errori e, quindi, più accurata. Entrambi gli arti venivano iperestesi cranialmente, e mantenuti allineati e strettamente addossati tra di loro e al collo, utilizzando del cerotto, delle fasce e il prototipo di posizionatore, da noi sviluppato nel corso dello studio (Figura 31).

In due cani, a scopo comparativo e previo consenso informato dei proprietari, oltre all'esame effettuato con il protocollo proposto da noi, è stato utilizzato il posizionamento in decubito sternale con collo iperflesso lateralmente e caudalmente, già riportato in letteratura (Reichle et al., 2000; Moores et al., 2008; Groth et al., 2009). È stato quindi eseguito un confronto analitico delle immagini ottenute con i due protocolli selezionando, per ogni serie, tre scansioni omogenee: a livello del processo coronoideo mediale, a livello della massima ampiezza del condilo omerale e a livello della porzione più craniale del



**Figura 32** Scansione assiale TC gomito con misurazione del rumore a livello del processo coronoideo mediale dell'ulna: a) esame TC con nostro protocollo; b) protocollo descritto in letteratura.

processo anconeale. La qualità delle immagini è stata valutata utilizzando il metodo basato sulla misura del rumore (Hanson, 1981; Zhu et al., 2009). In ogni scansione è stata selezionata manualmente, lungo i margini ossei, la Region Of Interest (ROI) (Figura 32). Per ogni ROI, si registravano la media e la deviazione standard dei numeri di Hounsfield (HU). Il rumore è stato calcolato come deviazione standard degli HU nelle varie ROI. I dati ottenuti sono stati analizzati statisticamente mediante il test dei ranghi di Wilcoxon per dati appaiati, utilizzando il software GraphPad Prisme (GraphPad Prisme 6.0 La Jolla, USA). Il limite di significatività è stato fissato a  $p < 0,05$ .

Gli esami TC comprendevano tutta l'articolazione del gomito, dalla



porzione prossimale di radio-ulna al condilo omerale, fino alla sommità olecranica. Tutti gli studi sono stati eseguiti mediante scansioni contigue sottili da 1 mm, con parametri di esposizione di 120 kV e 100-130 mA con 2 sec di rotazione, e un filtro di convoluzione per i tessuti duri. Il diametro del Field Of View (FOV) variava da 10 a 20 cm, in relazione al tipo di posizionamento utilizzato e alle dimensioni del paziente. Dopo l'acquisizione, le immagini venivano trasferite ad una workstation con software di gestione per immagini DICOM (Horos v. 1.1.7, Horosproject, GNU General Public License, 2016) con il quale le scansioni venivano valutate mediante una finestra da osso (Window Level-WL 500HU; Window Width-WW 3000HU). Per una migliore valutazione e caratterizzazione delle lesioni, venivano effettuate anche delle ricostruzioni planari (MPR) sagittali e dorsali.

Per ogni articolazione si valutava la presenza o l'assenza dei seguenti dati:

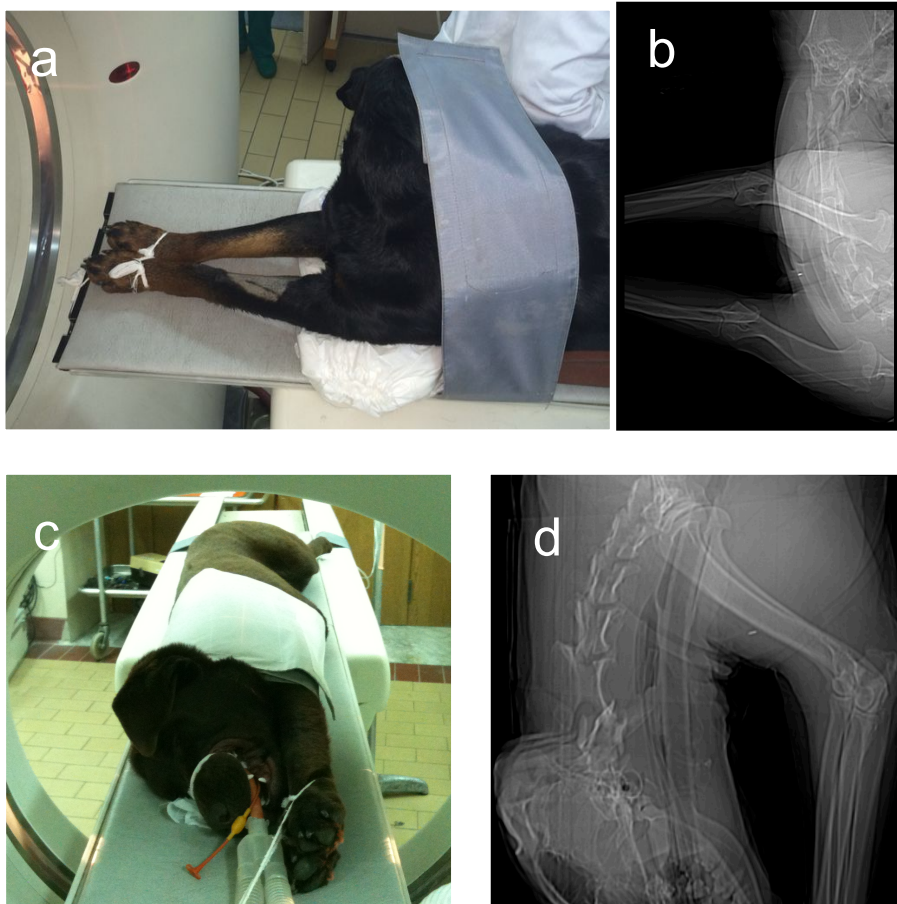
- 1) lesione primaria (FMCP, OCD, UAP, incongruenze articolari); in caso di FMCP, se eventualmente associata a "Kissing Lesions" (KL);
- 2) osteofiti, sclerosi e cisti dell'osso subcondrale, considerando

singolarmente i segmenti ossei di radio, ulna (escluso il MCP) e omero;

- 3) processo coronoideo mediale dell'ulna deforme, sclerotico o ipodenso, fissurato, frammentato o dislocato;
- 4) incongruenza articolare da radio corto, da ulna corta o da incisura semilunare ovalizzata.

## 2.2 Progettazione e sviluppo posizionatore

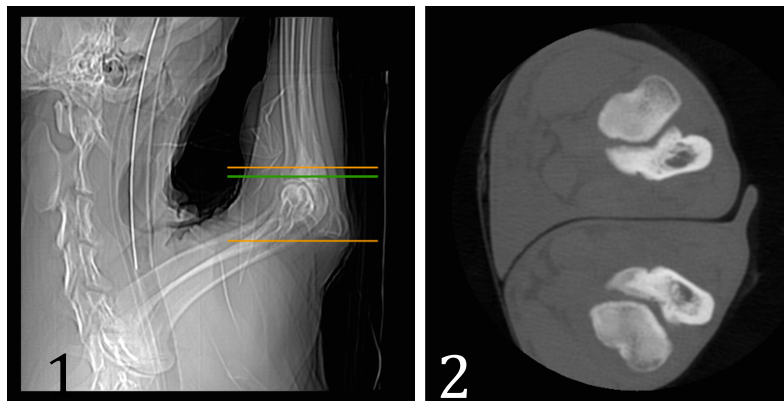
In letteratura sono riportati diversi protocolli per lo studio TC del gomito durante i quali il paziente è posizionato in decubito sternale o laterale, con arti anteriori estesi cranialmente e collo iperflesso lateralmente e



**Figura 33** “a” posizionamento TC gomiti con soggetto in decubito sternale con collo flesso lateralmente e rispettivo scout “b”; “c” con soggetto in decubito laterale come prevede il nostro protocollo e rispettivo scout “d”.

caudalmente, nel caso del decubito sternale (Figura 33), o iperesteso dorsalmente e caudalmente, nel caso del decubito laterale (Rovesti et al., 2002; Moores et al., 2008; Groth et al., 2009). In tutti i casi, però, il posizionamento risulta particolarmente stressante per il rachide cervicale.

In considerazione dei possibili rischi legati alla presenza non diagnosticata o di lieve entità di una spondilopatia cervicale caudale, relativamente frequente nelle razze predisposte alla displasia del gomito, e della difficoltà di ottenere i posizionamenti descritti, è nata l'idea di sviluppare un protocollo di studio dei gomiti durante il quale il rachide cervicale fosse quanto più possibile in posizione fisiologica. Per questo, si è deciso di utilizzare il decubito laterale con arti anteriori iperestesi cranialmente e mantenuti strettamente addossati tra loro e quanto più vicini possibile alla

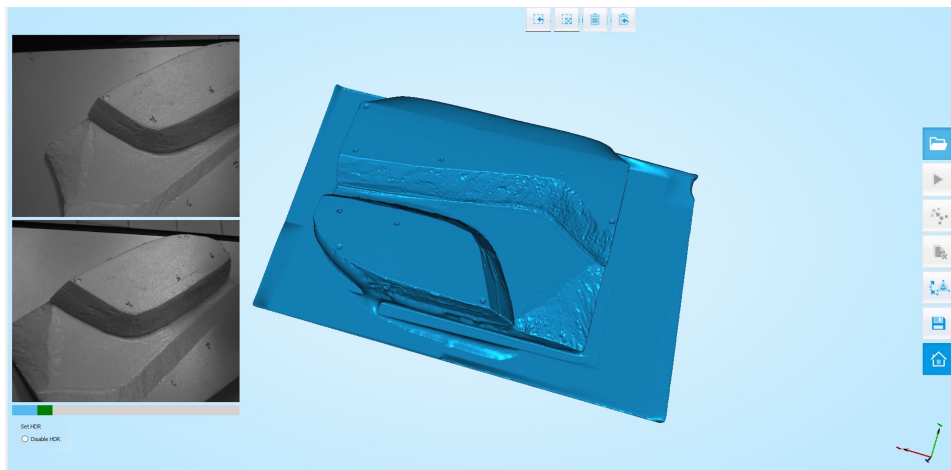


**Figura 34** Scansione studio gomiti con nostro posizionamento 1) Scout gomiti; 2) scansione assiale dei gomiti a livello del processo coronoideo mediale

faccia ventrale del collo (Figura 34). In questa posizione, la principale problematica da affrontare era rappresentata dalla possibile comparsa di artefatti da indurimento del fascio, per la presenza del rachide cervicale all'interno del gantry. In un articolo sullo studio del rachide lombo-sacrale, è stato dimostrato che rimuovendo l'aria presente tra le varie strutture anatomiche poste all'interno del gantry, in questo caso le cosce (con i femori) e la parte caudale del tronco si riduceva notevolmente la formazione di questo tipo di artefatti (Jones, 1994). Per ottenere questo risultato, cioè rimuovere l'aria presente tra la faccia ventrale del collo e gli arti anteriori e creare così una continuità densitometrica tra tali distretti anatomici, si è reso necessario sviluppare un supporto ancillare che allo stesso tempo facilitasse il posizionamento e l'allineamento dei gomiti (Figura 31). Vista la differenza di taglia dei nostri pazienti, le dimensioni del supporto ancillare, sono state ottenute dalla media delle misure del braccio, dell'avambraccio e della circonferenza dei gomiti di 5 soggetti di differente taglia. Il prototipo è stato fatto a mano in schiuma di poliuretano espanso, in maniera tale da adattarsi alle fattezze anatomiche dei soggetti sottoposti a TC dei gomiti, ed è formato da due metà speculari tra di loro, che accolgono entrambi i gomiti.

Tale dispositivo è stato utilizzato in maniera prospettica per tutti gli studi TC dei gomiti a partire dal 2012.

Più di recente, il prototipo è stato sottoposto ad un processo di scansione 3D (Einscan Pro) da cui si è ottenuto un modello tridimensionale che, grazie a software dedicati (3d buldier Microsoft), è stato oggetto di piccole modifiche e adattamenti che ne hanno migliorato il design (Figura 35). Il file del modello 3D potrà essere utilizzato per la creazione di posizionatori di almeno tre dimensioni, piccolo, medio e grande, adattabili a soggetti di differente taglia.



**Figura 35** Scansione 3D del prototipo del posizionatore eseguita con scanner Einscan Pro ed elaborata con software 3d buldier Microsoft.

### 2.3 Risultati

Nel periodo considerato, sono stati sottoposti a esame TC del gomito per diagnosi di displasia 61 pazienti, per un totale di 122 gomiti.

Il campione dei soggetti esaminati era costituito dalle seguenti razze: 24 Labrador Retriever, 11 Pastore Tedesco, 5 Rottweiler, 4 Golden Retriever, 3 Dogue de Bordeaux, 2 Bovaro del Bernese, 2 Chow Chow, 2 meticcio di taglia grande, 1 Alaskan Malamute, 1 American Staffordshire Terrier, 1 Border Collie, 1 Bloodhound, 1 Cane Corso, 1 Pastore Belga, 1 Pitbull Terrier, 1 Terranova.

In base al sesso, il campione era formato da 45 maschi e 16 femmine. L'età media era di 11,7 mesi (range 5-60 mesi) e un peso medio 30,7 kg ( $\pm 12,5$ ).

In 3 cani, bilateralmente, non erano evidenti lesioni riferibili a malattia articolare, in 58 cani erano presenti alterazioni da displasia del gomito: in 15 casi la patologia era monolaterale, mentre in 43 era bilaterale. Nelle articolazioni displasiche le lesioni primarie erano presenti da sole o in combinazione.

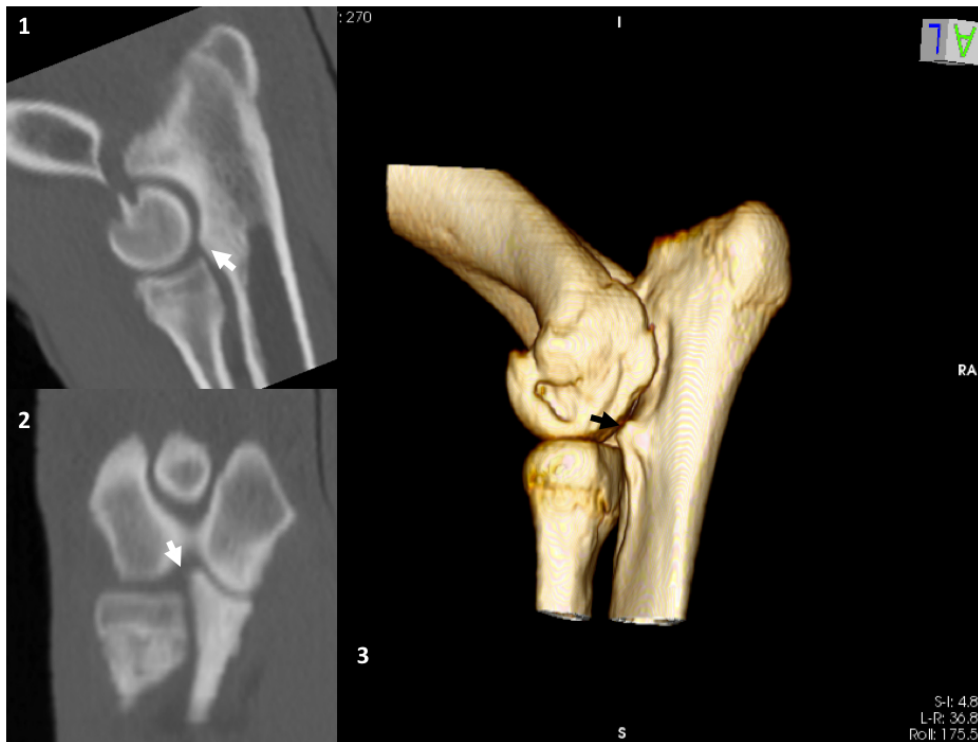
Le lesioni osservate presentavano le seguenti prevalenze:

- IA 72% (88/122),
- FMCP 57,4% (70/122),

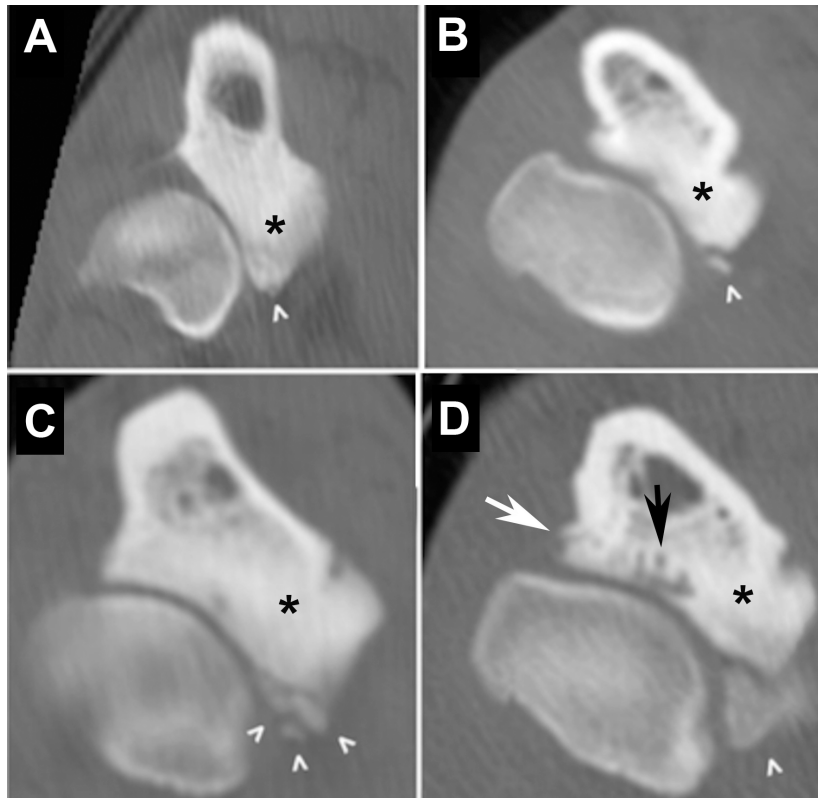
- OCD 8,2% (10/122),
- UAP 2,4% (3/122).



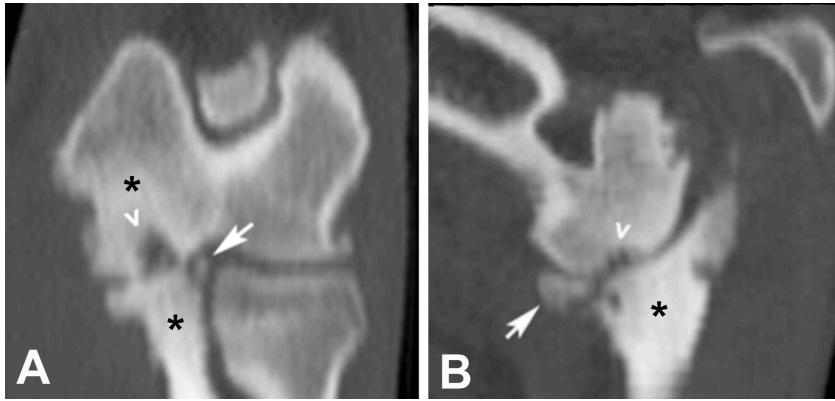
Nel 86% dei casi (76/88) l'incongruenza articolare era dovuta a ovalizzazione dell'incisura semilunare; nel 69% (61/88) era presente un radio corto (Figura 36); nel 58% dei casi (51/88), ovalizzazione e radio corto erano contemporaneamente presenti; l'incongruenza da ulna corta era evidente nel 3,5% (3/88) dei casi e in uno di questi in combinazione con l'ovalizzazione dell'incisura semilunare.



**Figura 36** Esame TC gomito con incongruenza da radio corto; ricostruzione sagittale (1), dorsale (2) e ricostruzione 3D (3); in evidenza lo scalino tra radio e ulna (freccia).



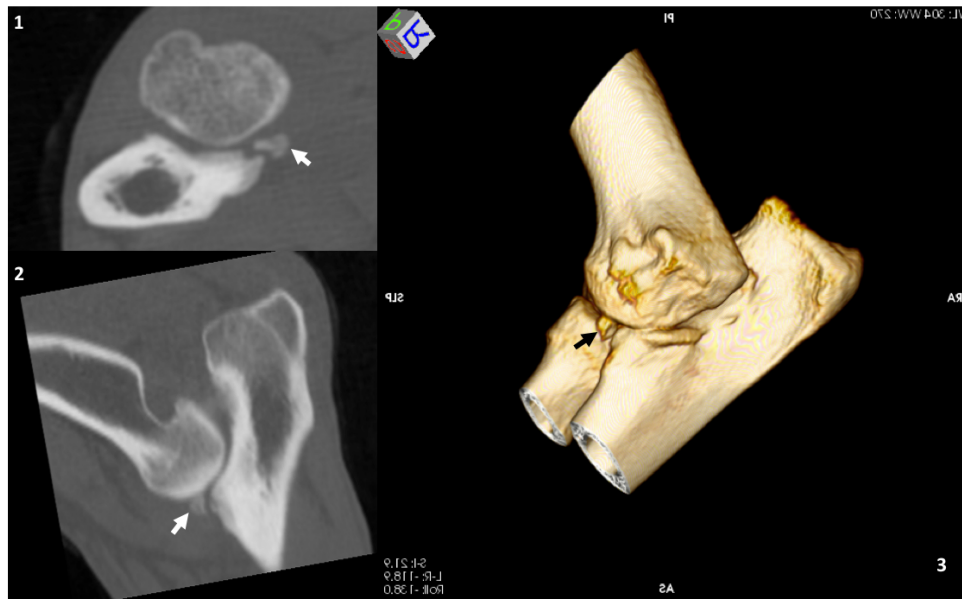
**Figura 37** Quattro esempio di frammentazione del processo coronoideo mediale (punte di freccia) con differente gravità. In tutte le immagini, il processo coronoideo mediale appare sclerotico (asterischi). Inoltre in D sono visibili, alcuni osteofiti periarticolari (freccia bianca) e cisti subcondrali (freccia nera).



**Figura 38** Kissing lesione del condilo omerale (punte di freccia) secondaria a FMCP (freccie): A) ricostruzione dorsale, B) parasagittale. Le lesioni appaiono come un difetto ipodenso profonda sulla superficie articolare del condilo e sono circondatei da sclerosi dell'osso subcondrale (asterischi).

La FMCP (Figura 37 e 39), come lesione singola, era presente solo in 4 casi su 70 (5,7%), in combinazione con l'incongruenza articolare nel 91% (64/70) mentre con l'OCD nel 4,3% (3/70). Inoltre, in 16 casi (22,8%), oltre alla FMCP era presente una “kissing lesion” sul corrispondente tratto

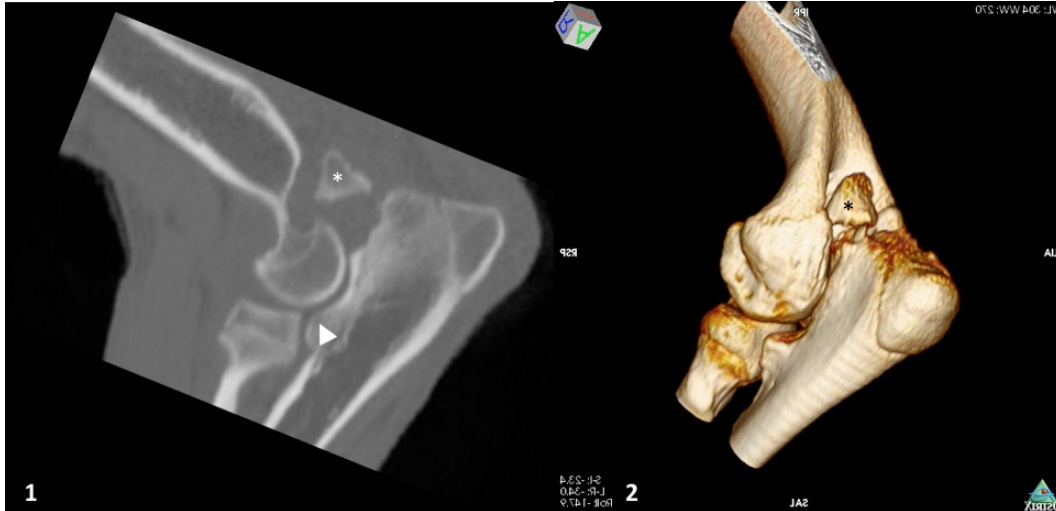
del condilo omerale (Figura 38).



**Figura 39** Esame TC gomito con frammentazione del processo coronoideo mediale; scansione assiale (1), ricostruzione sagittale (2) e ricostruzione 3D (3); freccia frammento processo coronoideo mediale.

L'OCD in 4 casi su 10 (40%) era presente come lesione singola (Figura 41), in 4/10 (40%) era associata a incongruenza articolare e in 2/10 (20%) a FMCP e, infine, in un caso era associata sia a FMCP che a Incongruenza Articolare.

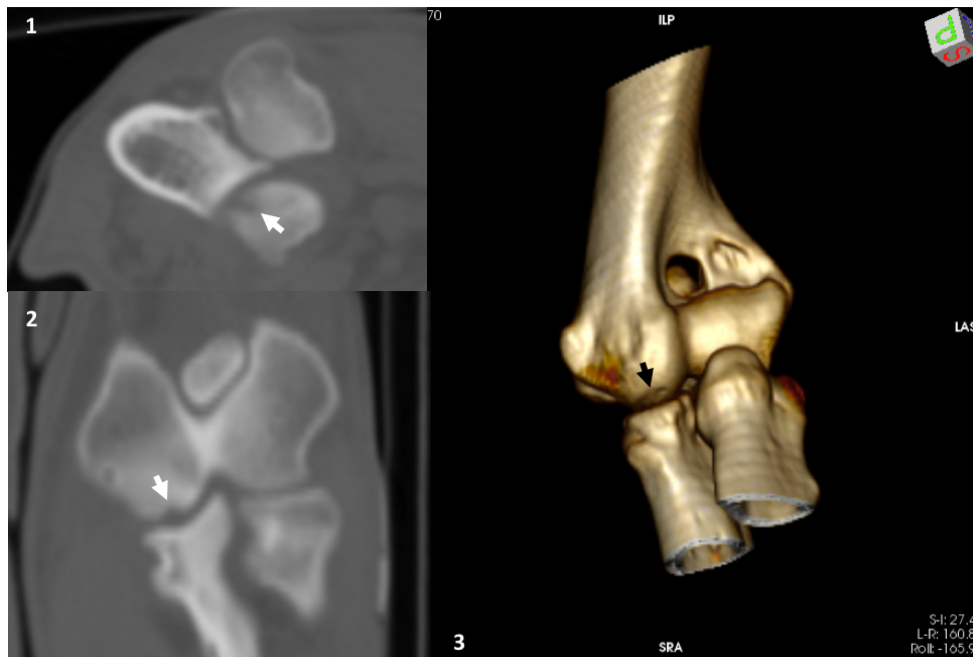
Dei 3 casi di UAP (Figura 40), uno era presente come lesione singola, il secondo era associato ad IA da ulna corta e, il terzo, a FMCP e a Incongruenza Articolare da radio corto e ovalizzazione dell'incisura semilunare.



**Figura 40** Ricostruzione sagittale TC gomito (1) e ricostruzione 3D (2) con mancata unione del processo anconeale dell'ulna (asterisco) associato ad incongruenza articolare da ulna corta (punta di freccia).

Il processo coronoideo mediale era frammentato in 61 casi, deforme in 58 articolazioni, ipodenso in 53, sclerotico in 34 casi e, infine, in 9 casi era fissurato. In caso FMCP, il frammento in 45 casi risultava anche dislocato.

Le cisti ossee subcondrali erano presenti nel 62,3% a livello di omero, nel 57,4% a livello di ulna e nel 23% a livello di radio.



**Figura 41** Esame TC gomito in corso di OCD; scansione assiale (1), ricostruzione dorsale (2) e ricostruzione 3D (3), con la freccia si evidenzia il difetto subcondrale a livello del condilo omerale mediale.

Per la presenza di osteofiti abbiamo utilizzato la scala proposta dall'IEWG (Tabella 1).

**Tabella 1** Presenza degli osteofiti su radio, ulna e omero e relative dimensioni.

<b>Osteofiti</b>	<b>Radio</b>	<b>Ulna</b>	<b>Omero</b>
assenti	96	49	59
<2 mm	23	37	43
2-5 mm	3	29	15
>5 mm	-	7	5

Alla sclerosi è stato attribuito un punteggio da 0 a 3 (Tabella 2).

**Tabella 2** Presenza della sclerosi su radio, ulna e omero.

<b>Sclerosi</b>	<b>Radio</b>	<b>Ulna</b>	<b>Omero</b>
assente	88	13	51
lieve	29	39	49
moderata	5	35	10
grave	-	35	12

Nei quattro gomiti studiati sia con il protocollo da noi proposto sia con un protocollo già riportato in letteratura, i confronti statistici per valutare la qualità dell'immagine in termini di quantità di rumore non hanno evidenziato differenze statisticamente significative ( $p=0,12$ ) (Tabella 3).

**Tabella 3** Misurazione del rumore in 4 gomiti studiati con entrambe le procedure a livello delle tre aree (scan1, scan2, scan3) considerate.

Gomito	Nostro protocollo			Protocollo esistente		
	Scan 1	Scan 2	Scan 3	Scan 1	Scan 2	Scan 3
<b>1</b>	476.6	386.9	438.5	527.1	414.8	486.9
<b>2</b>	480.2	364.1	445.7	507.3	392.2	468.6
<b>3</b>	487.9	403.5	447.7	573.5	468.9	505.7
<b>4</b>	464.1	398.7	445.8	569.1	458.9	520.1



## 2.4 Discussione

La displasia del gomito è una tra le patologie ortopediche più frequente nei cani di taglia medio-grande e gigante, ed è collocata al terzo posto come causa di zoppia nei soggetti a rapido accrescimento (Sergelidou e Dinev, 2014).

Lo studio condotto sui pazienti giunti presso il nostro Centro ha evidenziato un'elevata prevalenza della displasia del gomito nel Labrador Retriever e nel Pastore Tedesco: la somma di tali razze costituisce il 57,4% del nostro campione. Questo tipo di distribuzione è in accordo con quanto già riportato in letteratura (Grondalen J e Grondalen T, 1981; Van Ryssen and Van Bree, 1997). Tuttavia, nel nostro campione, la prevalenza risulta bassa per altre razze, quali il Bovaro del Bernese, il Cane Corso, il Golden Retriever, il Rottweiler e il Terranova, che in altri studi presentano un'elevata prevalenza (Grondalen, 1982; Guthrie e Pidduck, 1990; Grondalen e Lingaas, 1991). La bassa prevalenza riscontrata nel nostro campione è da correlare, probabilmente, alla differente distribuzione e diffusione di tali razze nel nostro bacino di utenza.

Nel nostro campione è emersa un'alta prevalenza dei maschi rispetto alle femmine: anche questo risultato è già stato riportato in letteratura (Grondalen J e Grondalen T, 1981; Van Ryssen and Van Bree, 1997), sebbene in un lavoro del 2005, eseguito dalla Centrale di Lettura delle Patologie Scheletriche e/o Ereditarie del cane (CeLeMaSchE) (Sturaro et al., 2005) su un campione di 1370 soggetti suddivisi nelle sei razze a più alta prevalenza di displasia del gomito, è stata evidenziata una differente distribuzione del sesso in rapporto alle singole razze. Notoriamente, alle nostre latitudini, i proprietari di cani di razza preferiscono i maschi per questioni meramente culturali e, quindi, tali comportamenti potrebbero aver influito sul tipo di distribuzione evidenziato tra i due sessi. Inoltre, sia nel nostro che in altri lavori, mancano analisi statistiche che dimostrino una differenza tra la prevalenza dei due sessi nella popolazione canina e quella dei soggetti affetti da Displasia del gomito.

Come già riportato in letteratura (Samoy et al., 2012), la IA rappresenta la lesione più frequente del nostro campione. Questo risultato è sicuramente legato alla maggiore sensibilità dell'esame TC nella diagnosi di IA, poiché, grazie alla sua natura tomografica e alla possibilità di ottenere ricostruzioni multiplanari, essa permette di visualizzare anche gap di incongruenza

inferiori ai 2 mm. Inoltre, è interessante sottolineare che l'elevata prevalenza di IA, soprattutto in associazione alle altre patologie di displasia del gomito, potrebbe essere interpretata come la dimostrazione dell'ipotesi eziopatogenetica più accreditata, ovvero che alla base delle varie forme della Displasia del gomito (FMCP, OCD e UAP) vi sarebbe una primitiva incongruenza articolare, instauratasi durante l'accrescimento (Morgan et al, 2000; Cook e Cook, 2009; Gemmill et al., 2005).

La FMCP rappresenta la seconda lesione più frequente del nostro campione. A questo proposito bisogna considerare che, come già evidenziato da Cook e Cook, nel 2009, la TC possiede un'enorme maggiore sensibilità comparata all'esame radiografico anche per la diagnosi della FMCP. In effetti, la nostra, come altre casistiche di studi TC sulla Displasia del gomito, rappresenta una selezione di soggetti nei quali precedenti esami radiografici avevano solo dimostrato la presenza di alterazioni artrosiche dei gomiti che, però, non chiarivano a quale patologia appartenessero. Pertanto, riteniamo che l'alta incidenza di FMCP, così come delle varie forme di IA, sia da ascrivere al fatto che nel nostro campione siano stati inclusi soprattutto soggetti i cui i rilievi radiografici erano dubbi. La TC, inoltre, è in grado non solo di evidenziare

la frammentazione ma anche di definirne i caratteri (numero dei frammenti, eventuale dislocazione, sclerosi o deformità del MCP, ecc.). Data la complessità e la variabilità delle lesioni che si possono riscontrare in corso di FMCP, in molti studi viene posta l'enfasi sull'indispensabilità dell'esame TC per il raggiungimento della diagnosi (Reichle et al., 2000; De Rycke LM et al., 2002; Holsworth IG et al., 2005; Gemmill et al., 2006; Wagner K et al., 2007; Groth et al., 2009).

Per motivi esattamente opposti, i casi di OCD e UAP sono ridotti nel nostro come in tutti i campioni inclusi in studi TC della Displasia del gomito. Infatti, tali lesioni sono, solitamente, diagnosticate già con il solo esame radiografico (Morgan et al, 2000; Cook e Cook, 2009). Naturalmente, la TC, oltre a evidenziare la lesione primaria, presenta una maggiore sensibilità nel caratterizzare le alterazioni artrosiche che si accompagnano e, nel caso di OCD, di differenziarle rispetto alla cosiddetta "kissing lesion", associate alla FMCP e, in genere, localizzate più lateralmente rispetto alla OCD.

Per quanto riguarda il protocollo di studio da noi impiegato va detto che, sebbene in letteratura siano presenti numerosi studi nei quali la TC è stata impiegata per la diagnosi delle affezioni del gomito, ad oggi e a differenza

dell'esame radiografico, non esistono protocolli standardizzati universalmente riconosciuti. Per quanto tutti gli studi prescrivano delle scansioni parallele al piano articolare, i posizionamenti proposti sono svariati:

- decubito sternale con l'arto anteriore in esame iperesteso cranialmente e perpendicolare al fascio (Reichle et al., 2000; Moores et al., 2008; Groth et al., 2009);
- decubito laterale, con il gomito in esame posizionato in basso e flessione a 90° e testa e collo ruotati caudalmente (Groth et al., 2009);
- decubito laterale con soggetto che, grazie all'ausilio di un particolare supporto ancillare, è disposto con l'asse longitudinale perpendicolare al lettino, collo in massima estensione e arti anteriori perpendicolari al tronco e impegnati nel gantry (Rovesti et al., 2002).
- decubito sternale, testa ruotata lateralmente con il collo iperflesso caudalmente e arti anteriori paralleli fra loro e iperestesi cranialmente (Groth et al., 2009).

Nonostante le diversità, l'obiettivo dei posizionamenti proposti è quello di cercare di introdurre nel gantry solo le strutture anatomiche in esame e

questo al fine di ottenere immagini di elevata qualità e senza artefatti (Rovesti et al., 2002; Moores et al., 2008; Groth et al., 2009). Tuttavia, un'altra caratteristica che accomuna i vari posizionamenti proposti è la posizione di iperestensione o di iperflessione latero-caudale del collo. Partendo dal presupposto che le razze predisposte alla Displasia del gomito sono, spesso allo stesso tempo, predisposte alla spondilopatia cervicale caudale (Lewis, 1989; Breit e Kunzel, 2001), considerando lo stress imposto al rachide cervicale a tutta la sua durata durante tutto lo studio, fin dai primi studi TC del gomito da noi effettuati ci siamo posti il problema dei potenziali rischi nei casi in cui le alterazioni cervicali fossero non diagnosticate o in fase sub-clinica. Infatti, nella nostra casistica, i primi 7 studi sono stati effettuati in decubito dorsale e con gomiti iperestesi e addossati al tronco. Tuttavia, con questo posizionamento, i gomiti sono molto distanti tra loro e, quindi, per visualizzarli entrambi, per scopi comparativi, è necessario utilizzare un FOV di diametro maggiore, con conseguente significativa riduzione della risoluzione spaziale delle immagini.

Per tale motivo, abbiamo pensato di adottare il decubito laterale con i gomiti strettamente addossati tra loro e iperestesi cranialmente. Questo

permette di usare FOV molto ridotti e, quindi, con elevata risoluzione spaziale e, contemporaneamente, non stressare il rachide cervicale del paziente. Nei primi esami effettuati utilizzando questo posizionamento, si poneva il problema degli artefatti da indurimento del fascio. Alla luce di quanto già evidenziato da Jones nel 1994, gli artefatti da indurimento del fascio si riducono significativamente se tra le strutture anatomiche non vi sono significative differenze di densità, differenze date soprattutto da raccolte di aria. Pertanto, per eliminare l'aria residua tra gli arti anteriori e il collo, è stato costruito un supporto ancillare sagomato all'interno del quale vengono posizionati i gomiti. L'uso di tale supporto ancillare ha permesso di standardizzare le manovre di posizionamento, rendendole più semplici e veloci anche in soggetti di taglia gigante. Inoltre, grazie alla malleabilità del materiale utilizzato per la creazione del supporto (spugna di poliuretano espanso) e alle sue misure, derivanti da una media delle dimensioni dello spessore di braccio e avambraccio (meno variabili rispetto all'altezza al garrese e ai diametri trasversi del tronco), esso ha dimostrato di adattarsi in maniera ergonomica in pazienti di differente taglia permettendo una migliore simmetria tra i due gomiti e, quindi, una migliore valutazione comparativa.

Del prototipo fatto a mano, utilizzato in questo studio, è stato preparato un modello 3-D, mediante scannerizzazione fotografica, e in questo momento sono allo studio delle stampe 3D con mescole plastiche diverse, allo scopo di trovare quella più vicina alle caratteristiche ideali e, cioè, sufficiente rigidità e, allo stesso tempo, cedevolezza, tali da garantire il contenimento degli arti, quindi la simmetria del posizionamento, e l'adattabilità alle differenti taglie. Si prevede, comunque, di preparare tre posizionatori adattabili a soggetti di taglia grande, media e piccola.

La qualità delle immagini ottenute con il protocollo da noi messo a punto è buona e senza apprezzabili artefatti. Inoltre, anche la comparazione quantitativa della rumorosità, eseguita tra le immagini ottenute utilizzando il nostro protocollo e quelle ottenute con uno dei protocolli descritti in letteratura, non ha evidenziato differenze statisticamente significative.



## 2.5 Conclusioni

La complessità delle lesioni in corso di displasia del gomito, associata alla variabilità delle stesse e ai frequenti reperti radiografici dubbi, impongono l'utilizzo di metodiche di secondo livello, quali la TC, che permettono di ottenere diagnosi precoci e specifiche, in grado, perciò, di migliorare la prognosi in caso di terapia chirurgica e, di conseguenza, la qualità di vita dei nostri pazienti.

Dalla nostra esperienza riteniamo, quindi, che sia importante considerare l'esame TC come esame complementare anche nello screening della displasia del gomito perché, grazie alla sua elevata sensibilità e specificità, essa permette non solo una migliore classificazione della displasia, in quanto le misurazioni ad esempio degli osteofiti o del grado di sclerosi sono più accurate, ma anche di riconoscere condizioni di incongruenza, quali quelle da ovalizzazione dell'incisura semilunare, difficilmente se non affatto riconoscibili radiograficamente. Non va dimenticato, poi, che la possibilità di ottenere delle ricostruzioni multiplanari e 3D dell'articolazione, può rappresentare un valido aiuto sia per la scelta del miglior approccio terapeutico sia per la sua esecuzione.

Infine, il protocollo TC da noi descritto offre diversi vantaggi rispetto alle procedure già riportate in letteratura: assenza di azioni stressanti sul rachide cervicale; facilità e velocità di posizionamento, anche in cani di taglia gigante, grazie al posizionatore da noi messo a punto; immagini ad alta risoluzione spaziale ed elevata qualità, comunque paragonabile a quelle ottenute con altre procedure; valutazione delle immagini agevole, grazie alla visualizzazione simultanea e simmetrica di entrambi i gomiti.



## 2.6 Bibliografia

- Breit S, Kunzel W. Osteological features in purebred dogs predisposing to cervical spinal cord compression. *J Anat* 199; 527–537, 2001.
- Cook CR e Cook JL. Diagnostic Imaging of canine Elbow Dysplasia: a review. *Veterinary Surgery*, 2009 38:144–153.
- De Rycke LM, Gielen IM, van Bree H, et al: Computed tomography of the elbow joint in clinically normal dogs. *Am J Vet Res* 63:1400–1407, 2002 .
- Gemmill TJ, Hammond G, Mellor D, Sullivan M, Bennet T, Carmichael S. Use of reconstructed computed tomography for the assessment of joint spaces in the canine elbow. *J Small Anim Pract* 47:66–74, 2006 .
- Gemmill, T.J., Mellor, D.J., Clements, D.N., Clarke, S.P., Farrell, M., Bennett, D., Carmichael, S., 2005. Evaluation of elbow incongruency using reconstructed CT in dogs suffering fragmented coronoid process. *Journal of Small Animal Practice* 46, 327–333
- Grondalen J e Grondalen T. Arthrosis in the elbow joint of young rapidly growing dogs. V. A pathoanatomical investigation. *Nordisk Veterinaermedicin* 33, 1-16, 1981.

- Grondalen J, Lingaas F 1991 Arthrosis in the elbow joint of young rapidly growing dogs: a genetic investigation. *Journal of Small Animal Practice* 32: 460–464.
- Grondalen J., 1982 Arthrosis in the elbow joint of young rapidly growing dogs. VII. Occurrence in the Rottweiler breed. *Nord Vet Med.*; 34(3):76-82.
- Groth AM, Benigni L, Moores AP, Lamb CR: Spectrum of computed tomographic findings in 58 canine elbows with fragmentation of the medial coronoid process. *J Small An Pract*, 50: 15-22, 2009.
- Guthrie S, Pidduck H G 1990 Heritability of elbow osteochondrosis within a closed population of dogs. *Journal of Small Animal Practice* 31: 93–96.
- Hanson KM. Noise and contrast discrimination in computed tomography in Newton TH and Potts DG: *Radiology of the Skull and Brain*. Vol. 5: *Technical Aspects of Computed Tomography*, C. V. Mosby, St. Louis,; 3941-3955, 1981.

- Jones JC, Wilson ME, Bartels JE: A review of high resolution Computed Tomography and a proposed technique for regional examination of the Canine Lumbosacral Spine. *Vet Rad e Ultras*, 35: 339-346, 1994.
- Lewis DG. Cervical spondylomyelopathy (wobbler syndrome) in the dog: a study on 224 cases. *J Small Anim Pract*; 30: 657-655, 1989.
- Moore AP, Benigni L, Lamb CR: Computed tomography versus arthroscopy for detection of canine elbow dysplasia lesions. *Vet Surg* 37:390–398, 2008.
- Morgan JP, Wind A, Davidson AP: Hereditary Bone and Joint diseases in the Dog. Ed. Shlutersche Hannover, 2000, pag. 41-92.
- Reichle JK, Park RD, Bahr AM: Computed tomographic findings of dogs with cubital joint lameness. *Vet Radiol Ultrasound* 41:125–130, 2000.
- Rovesti GL, Biasibetti M, Schumacher A, Fabiani M. The use of the computed tomography in the diagnostic protocol of the elbow in the dog: 24 joints *Vet Comp Orthop Traumatol* 0932-0814, 35-43, 2002
- Samoy Y, Gielen I, Van Caelenberg et al.: Computed Tomographic findings in 32 joints affected with severe elbow incongruity and

- fragmented medial coronoid process. *Vet Surg* 41: 486-494, 2012.
- Samoy Y, Van Ryssen B, Gielen I, et al: Review of the literature: elbow incongruity in the dog. *Vet Comp Orthop Traumatol* 19:1–8, 2006.
- Sergelidou E e Dinev D. Prevalence of developmental skeletal abnormalities in the dog in Bulgaria: a 6-year survey. *Bulgarian Journal of Veterinary Medicine*, 2014.
- Sturaro E, Ojala M, Mäki K, Bittante G, Carnier P, Pedrani G, Gallo L  
Results from an explorative screening program for elbow dysplasia in some breeds of dogs in Italy *ITAL.J.ANIM.SCI.* VOL. 4, 233-240, 2005.
- Van Ryssen B e Van Bree H. (1997) Arthroscopic findings in 100 dogs with elbow lameness. *Veterinary Record* 140, 360-362
- Wagner K, Griffon DJ, Thomas MW, et al: Radiographic, computed tomographic, and arthroscopic evaluation of experimental radio-ulnar incongruence in the dog. *Vet Surg* 36:691–698, 2007.
- Zhu L, Wang J and Xing L. Noise suppression in scatter correction for cone-beam CT *Med Phys*; 36(3): 741–752, 2009.